



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

MARIANNE KERÄNEN

ROVANIEMEN JALANKULKU- JA PYÖRÄLIIKENTEEEN TIEDON-
KERUUJÄRJESTELMÄ

Diplomityö

Tarkastaja: Assistant Professor
Heikki Liimatainen
Tarkastaja ja aihe hyväksytty Talou-
den ja rakentamisen tiedekuntaneu-
voston kokouksessa 30. lokakuuta
2017

TIIVISTELMÄ

MARIANNE KERÄNEN: Rovaniemen jalankulku- ja pyöräliikenteen tiedonkeruujärjestelmä

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 136 sivua, 13 liitesivua

Lokakuu 2017

Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Liikenne- ja kuljetusjärjestelmät

Tarkastaja: Assistant Professor Heikki Liimatainen

Avainsanat: jalankulku, kävely, pyöräily, liikennetiedonkeruu, liikennelaskenta

Diplomityön tarkoituksena on luoda toimintasuunnitelma jalankulku- ja pyöräliikenteen tiedonkeruujärjestelmän kehittämiseksi Rovaniemen kaupungissa. Työ on osa Rovaniemen kaupungin tilaamaa projektikonaisuutta, jossa selvitetään kaikkien liikenne-
muotojen laskennan automatisoinnin mahdollisuutta. Työ koostuu kirjallisuusselvityksestä, haastattelututkimuksesta ja tapaustutkimuksesta, joiden avulla tutkimusongelmaan pyritään vastaamaan.

Jalankulku- ja pyöräliikenteeseen liittyy monipuolisia tietotarpeita, jotka nousevat muun muassa rahoituksen, kaavoituksen, teknisen suunnittelun, kunnossapidon, päätöksenteon ja liikkujien monimuotoisista tarpeista. Liikennetiedon käyttökohteiden ollessa monipuolisia ja laajoja on selvää, että tarvittava liikennetieto täytyy olla monimuotoista käyttökohteestaan riippuen. Ei ole mahdollista määrittää esimerkiksi tarkkoja tunnuslukuja, joita kävely- ja pyöräliikenteestä tulisi aina mitata vaan tunnuslukujoukko on valittava tarvekohtaisesti sekä myös kaupungin kiinnostuksen kohteiden mukaan.

Liikennetiedon keruu on perinteisesti luokiteltu liikennelaskentoihin, liikkumiskyselyihin ja havainnointitutkimuksiin. Tekniikan kehittyessä tämä jaottelu on kuitenkin kaatoamassa kun yhdellä menetelmällä voidaan kerätä tietoa, joka sopii kaikkiin edellä mainittuihin kategorioihin. Diplomityön rajallisuuden vuoksi työssä kuitenkin keskitytään vain niihin menetelmiin, joilla voidaan tuottaa eritoten tietoa liikennemääristä. Nämä menetelmät jaotellaan työssä käsinlaskentaan, konelaskentaan ja paikannukseen perustuviin menetelmiin.

Lopuksi Rovaniemen kaupungille luodaan toiminta suunnitelma jalankulku- ja pyöräliikenteen tiedonkeruujärjestelmän kehittämiseksi. Toimintasuunnitelma koostuu tunnuslukujoukon koostamisesta, laskentapisteiden määrittelemisestä, laskentamenetelmien valinnasta sekä toteutusaikataulun luomisesta.

ABSTRACT

MARIANNE KERÄNEN: Pedestrian and Bicycle Data Collection System in Rovaniemi

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 136 pages, 13 Appendix pages

October 2017

Master's Degree Programme in Civil Engineering

Major: Traffic and Transport

Examiner: Assistant Professor Heikki Liimatainen

Keywords: pedestrian, walking, biking, traffic data collection, traffic count

The object of this Master's Thesis is to create an action plan in order to develop the pedestrian and bicycle data collection system in the city of Rovaniemi. The work consists of literature review, interview surveys, and a case study.

Developing pedestrian and bicycle traffic system generates diverse information needs which generally evolve around the needs of land use planning, technical planning, street maintenance, financing, decision making, and the users of traffic – people. Since the application of traffic information is versatile it is self-evident that the information itself must be diverse according to the needs of the user. Therefore, it is not possible to define specific pedestrian or bicycle traffic key indicators which should always be measured. Instead, the key indicators should be chosen independently for every project keeping in mind the need and interests of the information user.

Traditionally traffic data collection has been classified into three classes: traffic counts, traffic surveys, and observation surveys. Recently, the development of technology has made this classification more and more obsolete. Nowadays we can use technological solutions which could collect data typical to all of the classes mentioned above. Nevertheless, only methods that would traditionally be considered as traffic counting methods are considered here, due to the limit of Master's Thesis extent. These methods are classified as manual counts, automatic counts and counts based on tracking of people.

Finally, an action plan to develop the pedestrian and bicycle data collection system is created for Rovaniemi. The action plan consists of compiling a set of key indicators, defining data collection points, selecting appropriate data collection method, and designing an implementation schedule.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on toteutettu Rovaniemen kaupungin tilauksesta osana projektikokonaisuutta, jossa selvitetään kaikkien liikennemuotojen laskennan automatisoinnin mahdollisuutta. Työ on tehty Ramboll Finland Oy:lle. Kiinnostus jalankulku- ja pyöräliikennettä kohtaan on noussut viime vuosina kiitettävästi ja tämän työn kautta pääsinkin tutustumaan aiheeseen mielenkiintoisissa merkeissä.

Haluan kiittää työn ohjaajia Assistant Professor Heikki Liimataista Tampereen teknilliseltä yliopistolta sekä Tuomo Vesajokea ja Vesa Verrosta Ramboll Finland Oy:stä. Lisäksi haluan kiittää Rovaniemen kaupunkia ja kaupungininsinööri Aku Raappanaa mielenkiintoisen työn mahdollistamisesta. Kiitokset kuuluvat myös arvokasta aikaansa haastattelututkimukseen antaneille.

Lopuksi haluaisin kiittää perhettäni ja läheisiäni, ystäviäni ja opiskelukavereitani Oulussa ja Tampereella sekä työkavereita Rambollilla siitä tuesta, jota olen diplomityön tekemisen ja opiskeluvuosien aikana rajattomasti saanut.

Oulussa, 25.10.2017

Marianne Keränen

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Työn tausta	1
1.2	Työn tavoite ja rajaus	2
1.3	Tutkimuskysymykset	3
1.4	Metodologiset ja teoreettiset lähtökohdat	4
1.4.1	Tutkimusfilosofia	4
1.4.2	Tutkimusnäkökulma	6
1.4.3	Tutkimusstrategia	7
1.5	Työn rakenne	8
2.	TUTKIMUSMENETELMÄT	10
2.1	Haastattelututkimukset	10
2.1.1	Asiantuntijahaastattelu	10
2.1.2	Kunnille suunnattu kysely	15
2.1.3	Rovaniemen haastattelututkimus	15
2.2	Kirjallisuuskatsaus	16
2.3	Tapaustutkimus	17
3.	TAUSTAA: KÄVELY JA PYÖRÄILY LIIKENNEJÄRJESTELMÄSSÄ	18
3.1	Jalankulkuliikenne	18
3.1.1	Jalankulkuliikenteen luonne ja ympäristö	18
3.1.2	Kävelyn valintaan vaikuttavat tekijät	20
3.2	Pyöräliikenne	21
3.2.1	Pyöräliikenteen luonne ja ympäristö	21
3.2.2	Pyöräilyn valintaan vaikuttavat tekijät	22
3.3	Kulkumuotojen erottelun tärkeys	24
4.	LIIKENNETIEDON HYÖDYNTÄMINEN JA TIETOTARPEET	26
4.1	Liikennetiedon hyödyntäminen	26
4.2	Liikenteen kehittyminen ja sen asettamat tietotarpeet	28
4.3	Jalankulun ja pyöräilyn keskeisiä tunnuslukuja	30
5.	LIIKENNETIEDON TUOTTAMINEN	34
5.1	Liikennetutkimuksen muodot	34
5.2	Liikennelaskennat	35
5.3	Kysely- ja liikkumistutkimus	37
5.4	Havainnointitutkimukset	38
6.	LASKENTAMENETELMÄT	39
6.1	Laskentamenetelmien hyvyyden määritelmä	39
6.1.1	Tiedon laatua kuvaavat kriteerit	40
6.1.2	Resursseja kuvaavat kriteerit	43
6.1.3	Tiedon tallennusta ja -siirtoa kuvaavat kriteerit	45
6.2	Käsinlaskentamenetelmä	45

6.3	Konelaskentamenetelmät	47
6.3.1	Induktiosilmukka	49
6.3.2	Infrapunalaskin.....	51
6.3.3	Letkulaskin.....	54
6.3.4	Laserskanneri	55
6.3.5	Painemittarit	57
6.3.6	Tutkalaskin.....	59
6.3.7	Radiosädelaskin	60
6.3.8	Konenäkö (videolaskenta).....	62
6.3.9	Lämpökamera.....	65
6.4	Paikannukseen perustuvat laskentamenetelmät	66
6.4.1	Satelliittipaikannus.....	68
6.4.2	Matkapuhelinverkkopaikannus	71
6.4.3	Liki- ja lähiverkkopaikannus	74
6.4.4	Yksityisyydensuoja ja hyväksyttävyys	78
6.5	Laskentamenetelmien vertailu.....	79
7.	CASE: ROVANIEMI	83
7.1	Maankäyttö ja liikenneverkko	83
7.2	Liikennetiedonkeruun nykytila	85
7.3	Edellisten liikennetutkimusten tuloksia	86
7.3.1	Liikennemäärät ja kulkutapajakaumat	86
7.3.2	Matkaryhmät	89
7.3.3	Jalankulun ja pyöräilyn kulkutapavalintaan vaikuttavat seikat.....	89
7.4	Rovaniemen haastattelututkimuksen tulokset.....	90
7.4.1	Nykyisen liikennetiedonkeruujärjestelmän haasteet.....	90
7.4.2	Nykyisen liikennetiedonkeruujärjestelmän edut.....	93
8.	ESITYS ROVANIEMEN UUDEKSI TIEDONKERUUIJÄRJESTELMÄKSI	95
8.1	Tunnusluvut.....	95
8.2	Laskentapistet.....	96
8.2.1	Keskustan kehä	96
8.2.2	Ydinkeskustan laskentapistet	98
8.2.3	Muut potentiaaliset kohteet.....	99
8.3	Laskentamenetelmät.....	99
8.3.1	Laskentamenetelmille asetettavat vaatimukset	99
8.3.2	Menetelmävaihtoehtojen arviointi	101
8.3.3	Esimerkkituotteet	102
8.3.4	Valitut laskentamenetelmät.....	107
8.4	Toteutusaikataulu ja kustannukset	110
8.4.1	Kustannustiedot.....	110
8.4.2	Vaihtoehto 1: Hankitaan 2 laskentakojetta vuodessa.....	111
8.4.3	Vaihtoehto 2: Investoidaan 15 000 e / vuosi.....	112
8.4.4	Vaihtoehto 3: Investoidaan 20 000 e / vuosi.....	113

8.4.5	Vaihtoehto 4: Investoidaan 30 000 e / vuosi.....	113
8.4.6	Vaihtoehto 5: Kaikki hankinnat tehdään ensimmäisenä vuonna .	114
8.4.7	Aikatauluvaihtoehtojen vertailu.....	115
9.	YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT	118
9.1	Yhteenveto	118
9.2	Pohdinta.....	123
	LÄHTEET.....	126

LIITE A: HAASTATTELUKUTSU ASiantuntijahaastatteluihin

LIITE B: KUNNILLE SUUNNATUN KYSELYN VASTAAJAT JA KYSYMYKSET

LIITE C: JALANKULKU- JA PYÖRÄLIIKENTEEN LASKENTAOHJELMAT
SUOMEN 20 SUURIMMASSA KUNNASSA

LIITE D: ROVANIEMEN HAASTATTELUN HAASTATTELURUN-KO

LIITE E: JALANKULKU- JA PYÖRÄLIIKENTELLE ESITETTY TUNNUSLUKU-
JOUKKO

LIITE F: KONEELLISEN JALANKULKU- JA PYÖRÄLIIKENTEEN LASKENTO-
JEN PISTEET JA TULOKSET

KUVALUETTELO

<i>Kuva 1.</i>	<i>Kävelyn valintaan vaikuttavat merkittävimmät tekijät.</i>	<i>21</i>
<i>Kuva 2.</i>	<i>Pyöräilyn valintaan vaikuttavia tärkeimpiä tekijöitä.</i>	<i>24</i>
<i>Kuva 3.</i>	<i>Liikennetiedon tarpeen tarkastelutasot ja tasokohtaiset hyödyntämiskohteet.</i>	<i>27</i>
<i>Kuva 4.</i>	<i>Liikennetiedonkeruun tulisi ideaalitilanteessa hyödyntää kaikkia perinteisiä liikennetutkimuksen muotoja.</i>	<i>35</i>
<i>Kuva 5.</i>	<i>Laskentamenetelmän arviointiin käytettävät kriteerit kuvaavat tiedon laatua, menetelmään käytettäviä resursseja sekä tiedon tallennusta ja -siirtoa.</i>	<i>40</i>
<i>Kuva 6.</i>	<i>Koneellinen liikennelaskin on rakennettu kierrätetystä muovista tehdyn kotelon sisään, jolloin se on ympäristössään melko huomaamaton. (Eco-counter).</i>	<i>49</i>
<i>Kuva 7.</i>	<i>Induktiosilmukka havaitsee sen yli kulkevan pyörän aiheuttaman muutoksen laitteen luomassa magneettikentässä. (Eco-counter).</i>	<i>50</i>
<i>Kuva 8.</i>	<i>Aktiivinen infrapunalaskin koostuu lähettimestä ja vastaanottimesta. (Kuvan lähde: Ryus et al. 2014, s. 4).</i>	<i>52</i>
<i>Kuva 9.</i>	<i>Passiivinen infrapunalaskin koostuu yhdestä sensorista, joka tunnistaa liikkujien lähettämän lämpösäteilyn. (Muokattu: Eco-counter).</i>	<i>52</i>
<i>Kuva 10.</i>	<i>Letkulaskin perustuu ohueen, kadun yli vedettyyn kumiletkuun, joka rekisteröi ylitse ajavan pyörän aiheuttaman paine-eron. (Eco-counter).</i>	<i>54</i>
<i>Kuva 11.</i>	<i>Vertikaalinen laserskanneri asennetaan havainnointialueen päälle, josta se laskee liikkujat hahmontunnistuksen avulla. (Bu et al. 2007; viitattu LASE GmbH).</i>	<i>56</i>
<i>Kuva 12.</i>	<i>Mattolaskin. (Eco-Counter).</i>	<i>58</i>
<i>Kuva 13.</i>	<i>Pietsosähköinen laskin muuttaa kahden kaistan ylitse ajavan pyörän rengaspaineen signaaliksi, jonka laskin havaitsee. (Ryus et al. 2014).</i>	<i>58</i>
<i>Kuva 14.</i>	<i>Tutkalaskin on helppo asentaa esimerkiksi liikennemerkkitolppaan. Kuvan tutkalaskin on suunnattu ajoneuvolaskentaa varten autoliikenteen väylälle.</i>	<i>60</i>
<i>Kuva 15.</i>	<i>Radiosädelaskin on hyvä asentaa kapealle väylälle, jolloin vierekkäin ja ryhmissä kulkevien liikkujien osuus on pieni. (Chambers Electronics).</i>	<i>61</i>
<i>Kuva 16.</i>	<i>Radiosädelaskin suojaavassa muovikotelossa. (Chambers Electronics).</i>	<i>61</i>

Kuva 17.	<i>Konenäköön perustuvassa laskennassa liikkuja havainnoidaan liikkeen- ja hahmontunnistuksen (vasemmalla) tai taustakuva poistamisen (oikealla) avulla. (Benfold).</i>	62
Kuva 18.	<i>Videokuvan automaattisella analysoinnilla voidaan liikennelaskentojen lisäksi tuottaa myös turvallisuusanalyysijä. Kuvassa jalankulkijoiden varomattomat kadun ylitykset esitetään lämpökartan avulla. (Brisk Synergies).</i>	64
Kuva 19.	<i>Kamera asennetaan liikenteen yläpuolelle tasaiselle alustalle tai pylvääseen. (Bu et al. 2007).</i>	64
Kuva 20.	<i>Jalankulkijoiden tunnistaminen lämpökameran kuvasta (oikella) onnistuu myös pimeässä toisinkuin normaalin kameras avulla (vasemmalla). (FLIR).</i>	66
Kuva 21.	<i>Supra-hankkeessa tuotettiin ulkoilijoiden käyttämän liikuntasovelluksen avulla lämpökarttoja Helsingin kaupungin suosituimmista ulkoilureiteistä. (Oksanen et al. 2013)</i>	71
Kuva 22.	<i>Matkapuhelinverkkopaikannukseen perustuvassa liikennelaskennassa liikkujan reitti ja asema arvioidaan verkon tukiasemien rekisteröimien sijaintitietojen avulla. (Caceres et al. 2007).</i>	72
Kuva 23.	<i>WLAN- ja bluetooth-sensorit asennettuna kävelykadulle. (Böhm 2016).</i>	75
Kuva 24.	<i>Rovaniemen maankäyttökaava. Ydinkeskustan alue on rajattu karttaan mustalla. Punainen ympyrä rajaa ydinkeskustaa ympäröivän kilometrin säteisen alueen, sininen puolestaan 3 kilometrin säteisen alueen. (Muokattu: Rovaniemen kaupungin karttapalvelu.)</i>	84
Kuva 25.	<i>Rovaniemen pyörätieverkko. (Kuvan lähde: Rovaniemi 2016).</i>	85
Kuva 26.	<i>Vuoden 2017 jalankulku- ja pyöräliikennelaskentojen laskentapistet. (Karttapohja: Rovaniemen karttapalvelu).</i>	86
Kuva 27.	<i>Vuoden 2015 seurantalaskentojen kulkutapajakauma. (Rovaniemen liikennetutkimus 2012).</i>	87
Kuva 28.	<i>Vuoden 2017 seurantalaskentojen kulkutapajakauma. (Rovaniemen liikennetutkimus 2012).</i>	88
Kuva 29.	<i>Autollisissa ja autottomissa kotitalouksissa asuvien kulkutapajakauma. Auton omistus vaikuttaa vähentävän jalankulku- ja pyöräliikenteen valitsemista. (Rovaniemen liikennetutkimus 2012).</i>	90
Kuva 30.	<i>Keskustan kehän laskentapisteiden sijainti.</i>	97
Kuva 31.	<i>Ydinkeskustan laskentapistet.</i>	99
Kuva 32.	<i>Eco-Counter MULTI Urban Post + Zelt. (Eco-Counter).</i>	103

Kuva 33.	<i>Esimerkki Eco-Counterin tarjoamasta palvelusta, jossa liikennelaskentatietoja voidaan tarkastella avoimesti web-selaimen välityksellä. (Eco-Counter).....</i>	<i>104</i>
Kuva 34.	<i>Eco-Counterin Eco-VISIO Weather -moduuli tarjoaa mahdollisuuden yhdistellä säätietoja liikennelaskentadataan. (Eco-Counter).....</i>	<i>104</i>
Kuva 35.	<i>Chambers Electronicsin RadioBeam Bicycle-People Counter. (Chambers Electronics).....</i>	<i>105</i>
Kuva 36.	<i>Esimerkki Chambers Electronicsin ohjelmistosta, jolla analysoidaan kerättyä liikennelaskentadataa.</i>	<i>105</i>
Kuva 37.	<i>Placemeter-kamera (vasemmalla) asennetaan liikenteen yläpuolelle. Kuvatulta videolta lasketaan hahmontunnistuksen avulla eri kulkumuotojen määrä. (Placemeter).....</i>	<i>106</i>
Kuva 38.	<i>Esimerkki Placemeterin tuottamasta laskentatuloksesta, joka on asiakkaan nähtävillä lähes reaaliaikaisesti internet-selaimessa. (Placemeter)</i>	<i>106</i>
Kuva 39.	<i>Vertailu jalankulku- ja pyöräliikennelaskentajärjestelmän kokonaiskustannuksista.</i>	<i>108</i>
Kuva 40.	<i>Vaihtoehdon 1 toteutusaikataulu. Kirjain laskentapisteen kohdalla merkitsee sitä menetelmää, jolla laskenta kyseisessä pisteessä minäkin vuonna suoritetaan. R = radiosädelaskin, v = videokamera, k = käsinlaskenta.</i>	<i>111</i>
Kuva 41.	<i>Vaihtoehdon 2 toteutusaikataulu. Kirjain laskentapisteen kohdalla merkitsee sitä menetelmää, jolla laskenta kyseisessä pisteessä minäkin vuonna suoritetaan. R = radiosädelaskin, v = videokamera, k = käsinlaskenta.</i>	<i>112</i>
Kuva 42.	<i>Vaihtoehdon 3 toteutusaikataulu. Kirjain laskentapisteen kohdalla merkitsee sitä menetelmää, jolla laskenta kyseisessä pisteessä minäkin vuonna suoritetaan. R = radiosädelaskin, v = videokamera, k = käsinlaskenta.</i>	<i>113</i>
Kuva 43.	<i>Vaihtoehdon 4 toteutusaikataulu. Kirjain laskentapisteen kohdalla merkitsee sitä menetelmää, jolla laskenta kyseisessä pisteessä minäkin vuonna suoritetaan. R = radiosädelaskin, v = videokamera, k = käsinlaskenta.</i>	<i>114</i>
Kuva 44.	<i>Vaihtoehdon 5 toteutusaikataulu. Kirjain laskentapisteen kohdalla merkitsee sitä menetelmää, jolla laskenta kyseisessä pisteessä minäkin vuonna suoritetaan. R = radiosädelaskin, v = videokamera, k = käsinlaskenta.</i>	<i>114</i>
Kuva 45.	<i>Toimintasuunnitelman vuosittaiset kustannukset vaihtoehdoille 1 – 5.</i>	<i>116</i>
Kuva 46.	<i>Toimintasuunnitelman kokonaiskustannukset 10 vuoden ajalta vaihtoehdoille 1 – 5.</i>	<i>116</i>

<i>Kuva 47.</i>	<i>Liikennelaskentamenetelmien arviointiin kehitetty kriteeristö.....</i>	<i>120</i>
<i>Kuva 48.</i>	<i>Toimintasuunnitelman kokonaiskustannukset 10 vuoden ajalta eri vaihtoehtoisille.</i>	<i>123</i>

1. JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Jalankulku- ja pyöräliikenteen seuraamiseen ja edistämiseen kohdistuu yhä enemmän mielenkiintoa kävelyn ja pyöräilyn terveyshyötyjen sekä moottoriajoneuvoliikenteen negatiivisen ilmastovaikutusten vuoksi (Liikenne ja viestintäministeriö 2011). Kävelyn ja pyöräilyn edistäminen kytkeytyy niin seudulliseen, valtakunnalliseen kuin Euroopan Unioninkin (EU) liikennepolitiikkaan.

EU pyrkii vähentämään ilmasto- ja energiapakettinsa mukaisesti kasvihuonekaasupäästöjään vähintään 40 % vuoden 1990 päästötasosta vuoteen 2030 mennessä ja 80 – 90 % vuoteen 2050 mennessä. Ilmasto- ja energiapoliittisen taakanjakopäätöksen mukaan Suomen tulee vähentää päästökauppasektorin ulkopuolisia päästöjään 39 % vuoteen 2030 mennessä. Päästökauppasektorin ulkopuolisia päästöjä ovat muun muassa kotimaan liikenne pois lukien lentoliikenteen hiilidioksidipäästöt, polttoaineiden käyttö rakennusten lämmityksessä, maatalous, jätehuolto ja F-kaasut eli fluoria sisältävät kasvihuonekaasut. Näistä päästökauppasektorin ulkopuolisista päästöistä liikenteen osuudeksi on asetettu huomattava osa, noin 80 %. (Ympäristöministeriö 2013).

EU:n asettaman päämäärän saavuttamiseksi Suomessa on määrätty liikennepolitiikan valtakunnallinen tavoite kävelyn ja pyöräilyn lisäämisestä niin, että vuonna 2020 kävelen ja pyöräillen suoritettujen matkojen määrä on lisääntynyt 20 % vuoteen 2005 verrattuna. Vuosina 2004 – 2005 suoritettun valtakunnallisen henkilöliikennetutkimuksen mukaan suomalaiset taittoivat 32 % matkoistaan jalan tai pyörällä. Asetetun tavoitteen saavuttamiseksi vuonna 2020 kävelyn ja pyöräilyn kulkutapaosuuksien tulisi kattaa noin 38 % kaikista tehtävistä matkoista. Tavoite aiotaan saavuttaa vaikuttamalla liikenteen kysyntään ja kulkumuodon valintaan liikennejärjestelmän parantamisella. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2011).

Kansallisen tavoitteen lisäksi useilla kaupungeilla ja kunnilla on omia, kansallisen tavoitteen kanssa samansuuntaisia, kävelyn ja pyöräilyn edistämiseen liittyviä tavoitteita. Rovaniemen kaupungin tavoitteena on kasvattaa kävelyn, pyöräilyn ja joukkoliikenteen kulkutapaosuutta vuoden 2012 32 %:sta 52 %:iin vuoteen 2030 mennessä. Kunnianhimoiseksi päämääräkseen Rovaniemen kaupunki on kertonut nousun ”Suomen kävely- ja pyöräilykaupunkien eliittiin” (Rovaniemen kaupunki 2016, s. 3). Tavoitteensa saavuttamiseksi kaupunki on luonut monikohtaisen vision, jonka toteuttamisen avainmittareiksi on asetettu kävely- ja pyörämatkojen määrä sekä liikenteessä kuolleiden ja loukkaantuneiden jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden määrä (Rovaniemen kaupunki 2016, s. 3).

Avainmittareiden seuraamiseksi sekä kävely- ja pyöräliikenteeseen liittyvän suunnittelun ja päätöksenteon tueksi kaupunki tarvitsee kattavaa liikennetietoa kävelijöistä ja pyöräilijöistä.

Diplomityö on osa Rovaniemen kaupungin tilaamaa projektikonaisuutta, jossa selvitetään kaikkien liikennemuotojen laskennan automatisoinnin mahdollisuutta. Rovaniemellä on seurattu liikenteen edistymistä moottoriajoneuvojen osalta vuosikymmeniä mutta kävelyn ja pyöräilyn seuranta on ollut vähäisempää. Ensimmäiset systemaattiset kävelijöiden ja pyöräilijöiden laskennat on tehty vuonna 2012, jolloin laskenta suoritettiin käsinlaskentana yhteensä 14 pisteessä, joista kaikki kaupungin keskustan ulkopuolella. Laskennat on suoritettu samoissa pisteissä uudelleen vuosina 2015 sekä 2017.

Rovaniemellä kävelijöihin ja pyöräilijöihin liittyvässä liikennetiedonkeruussa ollaan melko kaukana reaaliaikaisesta tiedosta ja erityisesti tietämys keskustan alueen liikenteestä on vähäistä. Laskennat suoritetaan käsin. Laskentapistet on valittu pitkälti moottoriajoneuvoliikenteen ehdoilla ja ne sijaitsevat kaukana keskustasta, tärkeimpien moottoriajoneuvoväylien varsilla, mikä ei kuvasta tyypillistä jalankulku- ja pyöräliikenteen ympäristöä. Kävelystä ja pyöräilystä ei saada kuvaavaa otosta nykyisellä seurannalla. Asiaan toivotaan kuitenkin muutosta, sillä kaupunki näkee paremmin kohdistetun tiedonkeruun olevan tärkeä askel kohti parempaa kävely- ja pyöräliikenteen suunnittelua. Diplomityön lopullisena tavoitteena on luoda Rovaniemelle toimintasuunnitelma jalankulku- ja pyöräliikenteen tiedonkeruujärjestelmän kehittämisestä.

Aihe on tutkimisen arvoinen, sillä niin valtakunnallinen kuin Rovaniemen alueen sisäisenkin liikennepolitiikka alleviivaa kävelyn ja pyöräilyn lisäämisen tärkeyttä. Kävelyn ja pyöräilyn houkuttelevuuden lisäämiseksi tarvittavaa liikennetietoa on kuitenkin verrattain vähän saatavissa. Perinteisesti liikennetietoa on kerätty lähinnä moottoriajoneuvoista, eikä jalankulku- ja pyöräliikenteeseen liittyvä tiedonkeruu ole ollut järjestelmällistä monessakaan suomalaisessa kaupungissa tai kunnassa. Liikennetieto jalankulku- ja pyöräliikenteen nykyisestä tilasta on edellytyksenä poliittisten tavoitteiden edistämiseksi eli kävelyn ja pyöräilyn suosioon vaikuttavien toimenpiteiden valitsemiseksi. Tietämys siitä kuka, missä, milloin ja mitä tarkoitusta varten liikkuu jalan tai pyörällä toimivat tärkeänä lähtöaineistona toimenpiteiden ja hankkeiden toteutukseen sekä toimenpiteiden vaikutusten arvioinnille. Lisäksi erilaisten käyttäjä-, matka- ja muiden viiteryhmien sekä alueellisen vaihtelun tunnistaminen lisäävät edellytyksiä arvioida sitä, millaisilla toimilla kävelyä ja pyöräilyä olisi parhaat mahdollisuudet lisätä (Vitikka et al. 2003).

1.2 Työn tavoite ja rajaus

Diplomityön tarkoituksena on tuottaa uutta tietoa siitä, miten jalankulku- ja pyöräliikenteen tiedonkeruu voidaan järjestää Rovaniemen kaupungissa ja samalla myös vastaavissa kaupungeissa. Tutkimuksella pyritään muodostamaan konkreettinen ehdotus Rovaniemen kaupungille siitä, miten jalankulku- ja pyöräliikenteeseen liittyvää tietoa

voidaan kerätä ja hyödyntää liikennejärjestelmän kehittämisessä. Mielenkiintoa herättävät myös menetelmät, joilla voidaan kerätä mahdollisimman reaaliaikaista liikennetietoa sekä tällaisen reaaliaikaisen tiedon käyttömahdollisuudet. Tarkoituksena on myös muodostaa toimintasuunnitelma käyttöliittymän aikaansaamisen vaatimista toimenpiteistä, aikataulusta sekä siihen liittyvä hinta-arvio.

Aihe on kokonaisuudessaan laaja mutta sitä rajataan keskittymällä vain jalankulun ja pyöräilyn laskentajärjestelmään. Muita kuin liikennemäärätietoon liittyviä tiedonkeruumenetelmiä ei työn rajallisuuden vuoksi voida käsitellä. Esimerkiksi asukkaiden mielipiteiden ja asenteiden tutkiminen eivät ole osa tämän työn tavoitteita, vaikkakin toki erinomaisia jatkotutkimuksen aiheita. Mainittuun rajaukseen päädytään Rovaniemen kaupungilta saadun projektikokonaisuuden sisällön vuoksi.

1.3 Tutkimuskysymykset

Tutkimuksen lähtökohtana on kasvattaa tietämystä Rovaniemen kaupungin keskustassa tapahtuvasta jalankulku- ja pyöräliikenteestä ja näin vaikuttaa kävelyä ja pyöräilyä edistävään päätöksentekoon ja suunnitteluun Rovaniemellä. Näin ollen tutkimuskysymykset asetellaan seuraavasti:

Pääongelma: Millainen kävelyn ja pyöräilyn tiedonkeruujärjestelmä tukee parhaiten Rovaniemen liikennejärjestelmän kehittämistä?

Tiedonkeruujärjestelmän kehittäminen sisältää tietotarpeiden tunnistamisen sekä tiedonkeruumenetelmien vertailun ja kehittämisen. Koska kyseessä on niin sanottu case-tapaus, jossa ongelmaa pohditaan yhden rajatun kokonaisuuden, Rovaniemen kaupungin, näkökulmasta, tulee huomioon ottaa myös tiedonkeruujärjestelmän soveltuvuus juuri Rovaniemelle. Näin ollen päätutkimuskysymystä tukeviksi alakysymyksiksi muotoillaan:

Alaongelmat:

1. Millaista liikennetietoa tarvitaan pohjaksi jalankulku- ja pyöräliikenteen liikennejärjestelmän kehittämiseksi sekä jalankulku- ja pyöräliikenteeseen liittyville uusille liikenne- ja liikkumispalveluille?
2. Millaisia jalankulku- ja pyöräliikenteen tiedonkeruumenetelmiä on käytössä, millaisia uusia menetelmiä on tutkittu ja miten menetelmien hyvyttä voidaan arvioida?
3. Miten jalankulun ja pyöräilyn liikennetiedonkeruuta suoritetaan tällä hetkellä Rovaniemellä sekä miten tiedonkeruuta voidaan kehittää kaupungin ydinkeskustassa?

1.4 Metodologiset ja teoreettiset lähtökohdat

1.4.1 Tutkimusfilosofia

Tutkimusfilosofia kuvaa niitä lähtökohtia, joista tutkimusta tarkastellaan. Sen kautta muodostetut oletukset muovaavat tutkimusstrategiaa ja -menetelmiä, joita tutkimuksessa toteutetaan. Tutkimusfilosofia vastaa ontologiseen kysymykseen *miten ymmärrän tutkitavan kohteen?* ja epistemologiseen kysymykseen *miten ajattelen saavani tietoa?* (Hirsjärvi et al. 2000, s. 112).

Ontologian voidaan ymmärtää kuvaavan todellisuutta ja sitä, miten tutkittava kohde tai ilmiö liittyy todellisuuteen. Yksinkertaistettuna ontologia määrittelee, onko tutkimuksessa käsiteltävä todellisuus objektiivinen vai subjektiivinen. Mm. Sinisammal (2011) määrittelee väitöskirjassaan ontologian ääripäiksi objektivismiin ja subjektivismiin. Objektivismissa todellisuus ymmärretään objektiivisena kokonaisuutena, jolloin tutkija kohtaa ilmiöt ulkoisina faktoina eikä itse vaikuta näihin. Esimerkiksi liikenne voitaisiin objektivismissa käsittää vain liikkuvina ajoneuvoina, vaikkapa robottiautoina, ja kiinteänä infrastruktuurina, jotka ikään kuin toimivat sosiaalisen kontekstin ulkopuolisessa todellisuudessa. Sen sijaan subjektivismiin mukaan ilmiöiden syntymiseen vaaditaan sosiaalisten toimijoiden tekemiä havaintoja ja niihin liittyviä toimenpiteitä. Koska subjektivismiin ontologia perustuu sosiaalisten kokemusten ympärille, voi käsitys todellisudesta olla moniulotteinen ja muuttuva (Saunders et al. 2009, s. 119). Esimerkiksi liikenne voidaan subjektivismissa mieltää koostuvan ennen kaikkea sosiaalisista toimijoista, liikkujista, jotka havaintojensa ja tekojensa kautta luovat liikenteen järjestelmää aina uudelleen.

Objektivismiin ja subjektivismiin ääripäiden väliin Sinisammal (2011) luokittelee pragmatismiin. Pragmatismi painottaa tiedon käytännöllistä luonnetta. Sen mukaan todellisuus määrittyy tutkimuskysymyksen mukaan ja tutkijalla on objektiivisia sekä subjektiivisia näkökulmia. (Saunders et al. 2009, s. 109; 119). Professori David Andrews kuvailee insinööritieteiden nojautuvan usein juurikin pragmatistiin. Hän sanoo: ”*Me (insinöörit) olemme pragmaattikkoja. Me haluamme vastauksia ja käytämme saatavilla olevaa tietoa parhaalla mahdollisella tavalla auttamaan meitä työssämme – joskus joudumme muodostamaan arvauksia käyttäen informoituja mutta samalla tieteellisesti perustelemattomia oletuksia ja yksinkertaistuksia. Nämä oletukset ovat tietysti perusteltuja vain siitä pragmaattisesta näkökulmasta, että käsillä olevaan ongelmaan halutaan saada toimiva ratkaisu.*” (Suomennettu: Andrews 2010, s. 35).

Tässä tutkimuksessa ontologinen näkökulma on pragmaattinen. Tutkimuskysymyksenä on pohtia millainen kävelyn ja pyöräilyn tiedonkeruujärjestelmä tukee parhaiten Rovaniemen liikennejärjestelmän kehittämistä. Tutkimuskysymys vaatii Andrewsinkin luonnehtimaa, insinöörimäisen pragmaattista tutkimusfilosofiaa. Liikenteen tiedonkeruujärjestelmiä voidaan tarkastella objektiivisesti käyttäen apuna määrällisiä ja suuria aineistoja

alan tutkimusjulkaisujen kautta. Samalla on tiedostettava, että diplomityön tuloksena pidettävä, liikennetiedonkeruujärjestelmän kehittämiseen liittyvä, toimintasuunnitelma tehdään juuri Rovaniemen kaupungille. Tällöin tiedonkeruujärjestelmällä kerätyn liikennetiedon käyttäjinä ovat kaupungin liikkujat, päättäjät, virkamiehet, suunnittelijat ja konsultit, eli sosiaaliset toimijat. Tutkimuskysymystä ei voida tarkastella täysin objektiiviselta kannalta vaan huomioon täytyy ottaa myös muun muassa Rovaniemen kaupungin edustajien subjektiivisia kokemuksia ja odotuksia siitä, millainen liikennetiedonkeruujärjestelmän toivottaisiin olevan.

Epistemologia käsittelee kysymystä siitä, mitä pidetään hyväksyttävänä tietona. Saunders et al. (2009) jakavat epistemologian positivismin ja interpretivismin ääripäihin, joiden välimaastoon he sijoittavat lisäksi realismin suuntauksen.

Positivismilla viitataan tutkimusfilosofiaan, jossa korostetaan tarkkoja, tieteellisenä pidettyjä, tiedon tuottamisen menetelmiä. Saunders et al. (2009, s. 114) viittaavatkin positivismin suuntauksen tutkimusfilosofiakseen valinneisiin tutkijoihin ”*luonnontieteilijöiden jalanjäljissä kulkijoina*”. Positivismi liittyy vahvasti objektivismiin ontologiaan: tutkimukseen liittyvät havainnot ja mittaukset tehdään mahdollisimman objektiivisesti ja vain havainnoitavat tekijät tuottavat luotettavaa tietoa. Olettamuksena on, että tutkija on riippumaton tutkimuksensa kohteesta. (Saunders et al. 2009, s. 113 – 114).

Interpretivismi korostaa subjektiivisuuden ja tulkintojen roolia tiedon tuottamisessa. Se onkin niin sanottu epistemologinen aisapari subjektivismiin ontologialle. Interpretivismiin suuntaus pyrkii ymmärtämään todellisuutta subjektiivisten kokemusten kautta ja vaatii tutkijalta empaattista lähestymiskulmaa. Tutkijalla oletetaan olevan vaikutus tutkimustulokseen. Tyypillisesti interpretivismiin suuntauksen tutkimuksissa hyödynnetään laajuudeltaan pieniä, laadullisia aineistoja. (Saunders et al. 2009, s. 115 – 116; 119).

Realismi kuvastaa positivismiin ja interpretivismiin ääripäiden väliä, jossa hyödynnetään molempia epistemologisia suuntauksia. Siinä missä positivismi viittaa ilmiöihin ja tietoon irrallisena sosiaalisista toimijoista ja interpretivismi korostaa kyseisten tekijöiden riippuvuutta sosiaalisista toimijoista, tulkitsee realismi tietoa sosiaalisen toiminnan kautta. Luonnontieteet ja ihmistieteet voivat käyttää tiedon lähteinä samoja menetelmiä. Olettamuksena on, että tutkijan omat arvot ja maailmankuva vaikuttavat tutkimustulokseen. (Saunders et al. 2009, s. 115).

Tässä tutkimuksessa epistemologinen näkökulma on realistinen. Diplomityön päämääränä on löytää paras saatavilla oleva ratkaisu Rovaniemen jalankulku- ja pyöräliikenteen tiedonkeruujärjestelmäksi. Ratkaisun rakentamisessa pyritään tukeutumaan tieteellisesti todistettuihin lainalaisuuksiin mutta ratkaisun muodostamiseksi joudutaan turvautumaan myös jonkin verran tieteellisesti perustelemattomiin yksinkertaistuksiin. Jos yksinkertaistuksia ei sallittaisi, voisi lopputuloksena olla selkeän toimintasuunnitelman sijaan vain tutkimusten loputon kierre. Juuri Rovaniemen kaupungille mahdollisimman sopi-

van ratkaisun löytämiseksi on tärkeää hyväksyä täysin objektiivisten havaintojen lisäksi myös sosiaalisen toiminnan kautta tulkittuja havaintoja ja tietolähteitä. Muuten tiedonkeruu voisi osoittautua diplomityön laajuuden rajoissa mahdottomaksi. Näin ollen onkin perusteltua sanoa, että tämän työn tutkimusfilosofia perustuu realistiseen suuntaukseen.

1.4.2 Tutkimusnäkökulma

Tutkimusnäkökulma havainnollistaa sitä, kuinka tutkimukseen liittyvää tieteellistä päättelyä tehdään. Kolme yleistä tutkimusnäkökulmaa ovat: deduktiivinen, induktiivinen ja abduktiivinen näkökulma. (Anttila 2006)

Deduktiivinen näkökulma pyrkii testaamaan olemassa olevaa teoriaa tai mallia. Aikaisemmista tutkimustuloksista ja niiden muodostamista teorioista muodostetaan hypoteeseja, jotka todennetaan empiiristen kokeiden avulla. Deduktiivinen päättely vaatii taustatiedoksi varmaa, tutkittua tietoa, johon tutkimuksesta saatuja tuloksia voidaan peilata. Tutkija päättelee missä määrin tulokset vastaavat lähtökohtateoriaa ja pitääkö teoriaa mahdollisesti korjata. Deduktiivinen näkökulma on tyypillinen kvantitatiivisessa, määrällisessä tutkimuksessa. (Anttila 2006)

Induktiivisessä näkökulmassa kootaan havaintoja, joiden perusteella tehdään ennusteita ja yleistyksiä. Toisin kuin deduktiivisessä näkökulmassa, induktiivisessä lähestymistavassa aloitetaan aineiston tutkimisesta ja johdetaan päättelyä ensin aineistosta esiin kohtavien tekijöiden merkityksellistämiseen ja käsitteellistämiseen sekä lopulta kohti teoreettisia malleja. Tutkijalla tulee olla aikaisempaan tietoon ja käytännön kokemukseen pohjautuva esiymmärrys, jonka hän on valmis kumoamaan, jos tutkittava aineisto osoittaa sen tarpeelliseksi. (Anttila 2006)

Abduktiivinen tutkimusnäkökulma alkaa käytännön tasolla ja vaihtelee tutkimuksen edetessä teorian ja käytännön ulottuvuuksista. Abduktiivisessa päättelyssä tutkijan kiinnostus kohdistuu tärkeiksi tiedettyihin tai oletettuihin seikkoihin, joten tutkijan tulee hallita tutkittava aihe teorian ja käytännön kannalta edes jollain tasolla. Aineistoista valikoidaan ratkaisun kannalta olennaiset asiat, niin sanotut johtolangat, joiden antamien viitteiden mukaan tutkimuksessa edetään. Koska johtolanka on tutkijan itse päätettävissä, voi sitä vaihtaa kesken tutkimuksen ja suunnata tutkimusta uudelleen, jos tehdyt havainnot sitä tukevat. Käytännön ja teorian tasoilla vaihtelevaa päättelyä johdetaan kohti ilmiön mallinnusta. Abduktiivinen näkökulma on tyypillinen systeemien analysoinnissa. (Anttila 2006)

Tässä diplomityössä on selkeitä abduktiivisia piirteitä. Työ aloitetaan käytännön tasolta asiantuntijahaastatteluin, joissa selvitetään niitä tekijöitä, jotka selittävät jalankulku- ja pyöräliikennettä. Näistä poimitaan niin sanotut johtolangat eli ne tekijät, jotka nousevat aineistosta vahvasti esille ja näitä havaintoja verrataan olemassa olevaan teoriaan. Käytännön ja teorian tasoilla vaihtelevaa päättelyä jatketaan, kunnes muodostetaan käsitys

siitä, mitä jalankulku- ja pyöräliikennelaskennoissa tulee itse asiassa mitata ja mitkä tekijät määrittelevät tiedonkeruumenetelmän hyvyttä. Näin muodostetaan mittaristo, joka palvelee laadullisena vertailukohteenä eri laskentamenetelmien toimivuutta arvioi-
dessa. Myös laskentamenetelmiä tutkiessa käytetään hyväksi abduktiivista tutkimusnäkökulmaa: eri menetelmiä vertaillaan niin teorian kuin käytännön kokemustenkin avulla.

1.4.3 Tutkimusstrategia

Tutkimusstrategia on käsitteenä laaja ja se jäsennetään kirjallisuudessa hyvin monilla eri tavoilla. Hirsjärvi et al. (2000, s.112; 120) mukaan tutkimusstrategia selittää tutkimuksen menetelmällisiä ratkaisuja ja ohjaa käytettyä aikaperspektiiviä. Tutkimusstrategialla pyritään vastaamaan muun muassa seuraaviin kysymyksiin:

- mikä strategia tuo parhaiten vastauksia asettamaani ongelmaan,
- mitkä vaihtoehdot tulevat kyseeseen,
- miten perustelen valintani ja
- mitä aineistoa on tärkeä kerätä?

Yleisellä tasolla tutkimusstrategiat voidaan jakaa empiiriseen ja rationaaliseen tutkimukseen. Empiirinen eli kokeellinen tutkimus perustuu tutkimuskohteen havainnointiin, analysointiin ja mittaamiseen. Rationaalisessa eli teoreettisessa tutkimuksessa tutkimuskohtetta ei havainnoida välittömästi, vaan kohtetta hahmotetaan aiemman tutkimuskirjallisuuden pohjalta. Usein esimerkiksi matematiikka tai teoreettinen fysiikka voivat rakentua puhtaan teoreettisen tutkimuksen varaan, mutta muut tutkimuksen alat pyrkivät käyttämään empiiristä tutkimusta. (Jyväskylän yliopisto 2014). Tämän diplomityön tutkimusfilosofia ja tutkimusnäkökulma viittaavat selkeästi siihen, ettei aihetta voida käsitellä pelkän teorialtutkimuksen kautta. Tiedon käytännöllistä luonnetta painottava pragmaattinen tutkimusfilosofia vaatii empiiristä tutkimusta.

Hirsjärvi et al. (2000, s. 122 – 123) esittävät tutkimusstrategioiden jaotteleminen kokeelliseen tutkimukseen, survey-tutkimukseen ja tapaustutkimukseen. Kokeellisessa tutkimuksessa mitataan valitun muuttujan vaikutusta toiseen muuttujaan. Survey-tutkimuksessa tietoa kerätään standardoidussa muodossa joukolta ihmisiä. Tapaustutkimuksessa tutkitaan yksittäistä tapausta tai joukkoa toisiinsa suhteessa olevia tapauksia yksityiskohtaisella tasolla.

Mikä tahansa Hirsjärvi et al. (2000) esittämistä tutkimusstrategioista voisi sopia diplomityön asettaman ongelman osittaiseen ratkaisuun. Toisaalta, juuri millään mainituista strategioista ei voida pureutua kysymykseen aivan yksinään. Kokeellinen tutkimus voitaisiin toteuttaa vaikkapa vertailemalla erilaisia tiedonkeruumenetelmiä koejärjestelyin Rovaniemellä ja analysoimalla eri menetelmien tiedonkeruun tarkkuutta. Toisaalta, tämä vaatisi hyvin valvottuja olosuhteita, jotta muuttujia voitaisiin kontrolloida tarkoituksenmukaisesti. Tällaisen koejärjestelyjen toteuttaminen koetaan diplomityön laajuuden

rajoissa mahdollisena, sillä potentiaalisia tiedonkeruumenetelmiä on olemassa useita kymmeniä eikä työtä aloittaessa ole tiedossa tiettyjä tiedonkeruumenetelmiä, joista oltaisiin erityisen kiinnostuneita. Päädytään siis kartoittamaan erilaisia tiedonkeruumenetelmiä muilla kuin kokeellisen tutkimuksen strategioilla.

Survey-tutkimus ja tapaustutkimus sopivat diplomityön ongelmanasetteluun hyvin. Survey-tutkimuksella kuvaillaan ja vertaillaan Suomen eri kunnissa käytettäviä jalankulun ja pyöräilyn tiedonkeruumenetelmiä. Tapaustutkimuksella on puolestaan hieman isompi rooli: sen avulla kartoitetaan liikennetiedonkeruun taustoja asiantuntijahaastatteluin sekä case-kaupunki Rovaniemen liikennetiedonkeruujärjestelmää, sen nykytilaa ja kehittymismahdollisuuksia haastatteluin ja dokumentteja tutkimalla. Käytettyihin tutkimusmenetelmiin syvennytään tarkemmin luvussa 2.

1.5 Työn rakenne

Työn rakenne koostuu yhdeksästä pääluvusta, joissa pyritään vastaamaan loogisessa järjestyksessä alaluvussa 1.3 esitettyihin tutkimusongelmiin.

Ensimmäiseen tutkimuksen alaongelmaan pyritään vastaamaan luvuissa 2 ja 3. Luvussa 2 pohditaan kävelyn ja pyöräilyn roolia liikennejärjestelmässä sekä kulkumuotojen erotelun tärkeyttä liikennetiedonkeruun kannalta. Luvussa 3 esitetään jalankulku- ja pyöräliikennetiedon hyödyntämiskohteet sekä tietotarpeet. Näiden avulla muodostetaan myös tunnuslukujoukko, jonka avulla myöhemmin rakennetaan Rovaniemen tiedonkeruujärjestelmään liittyvä jalankulun ja pyöräilyn mittaristo.

Luvuissa 4 ja 5 vastataan toiseen tutkimuksen alaongelmaan. Luku 4 esittelee erilaisia liikennetiedon tuottamisen menetelmiä. Luvun aihealue on laaja, sillä siinä käsitellään laskentatiedon keruun lisäksi myös muunlaisen liikennetiedon keruun. Luvussa 5 syvennytään liikennelaskentamenetelmiin ja esitellään menetelmien vertailuun kehitetyn arvostelukriteeristön.

Kolmatta tutkimuksen alaongelmaa käsitellään luvuissa 6 ja 7. Luvussa 6 esitellään case-kaupunki Rovaniemi sekä Rovaniemen jalankulku- ja pyöräliikenteen tiedonkeruun nykytila. Nykyistä tiedonkeruujärjestelmää tutkittiin ja arvioitiin haastattelututkimuksen avulla. Tutkimuksessa haastateltiin neljää Rovaniemen jalankulku- ja pyöräliikenteen kehitystyössä mukana olevaa asiantuntijaa. Haastattelututkimuksen toteutus ja tulokset esitellään niin ikään luvussa 7. Ehdotus Rovaniemen uudeksi jalankulku- ja pyöräliikenteen tiedonkeruujärjestelmäksi esitellään luvussa 8.

Luku 9 on yhteenveto-luku, jossa kootaan yhteen diplomityön päätulokset ja vastataan tutkimuksen pääongelmaan. Yhteenvedossa pohditaan myös diplomityön tulosten merkityksellisyyttä ja soveltuvuutta eri käyttötarkoituksiin. Suositukset kohdistuvat pääosin

työn tilaajalle, Rovaniemen kaupungille, mutta yhteenvedossa pohditaan tulosten merkityksellisyyttä myös muiden kaupunkien ja kuntien näkökulmasta.

2. TUTKIMUSMENETELMÄT

Tässä luvussa tutustutaan syvemmin diplomityössä käytettäviin tutkimusmenetelmiin. Näitä ovat haastattelututkimus, kirjallisuuskatsaus sekä tapaustutkimus.

2.1 Haastattelututkimukset

Diplomityöhön liittyy kolme erillistä haastattelututkimusta. Ensimmäinen haastattelu toteutetaan diplomityön alkupuolella ja sen avulla on tarkoitus kartoittaa käsiteltävän aiheen taustaa asiantuntijoita haastatteleamalla. Tähän haastatteluun viitataan tässä tekstissä termillä asiantuntijahaastattelu. Toinen haastattelututkimus suoritetaan diplomityön keskivaiheilla ja sen avulla selvitetään suomalaisten kuntien soveltamia ratkaisuja jalankulku- ja pyöräliikennetiedon keruuseen. Tähän haastatteluun viitattaessa puhutaan kunnille suunnatusta kyselystä. Kolmas haastattelututkimus liittyy diplomityön viimeiseen osaan, Rovaniemen tapaustutkimukseen. Tähän haastattelututkimukseen viitattaessa puhutaan Rovaniemen haastattelututkimuksesta.

2.1.1 Asiantuntijahaastattelu

Työn ensimmäisen osion tarkoituksena on selvittää niitä merkittävimpiä tekijöitä, jotka selittävät kävelyä ja pyöräilyä sekä näihin liittyviä valintoja ja sitä, millaisilla tunnusluvuilla kävelyn ja pyöräilyn tilaa voidaan parhaiten kuvata. Koska aiheesta on saatavilla melko heikosti tutkimustietoa ja valmista aineistoa, päädytään tiedonkeruu järjestämään haastattelututkimuksen avulla. Asiantuntijahaastattelujen tarkoituksena on myös kartoittaa sitä, minkälaisia jalankulkuun ja pyöräilyyn liittyviä tietotarpeita jalankulku- ja pyöräliikenteen parissa työskentelevillä asiantuntijoilla työssään ilmenee sekä millaisilla tunnusluvuilla näihin tietotarpeisiin voidaan vastata. Lisäksi yhtenä tavoitteena on luoda katsaus siihen, millaisia uusia liikennetietotarpeita asiantuntijat näkevät tulevaisuudessa liikenteen ja siihen liittyvien palveluiden kehittyessä.

Haastattelut toteutetaan teemahaastatteluina, jotka sijoittuvat virallisuudessaan lomake- eli strukturoidun haastattelun ja avoimen haastattelun väliin. Teemahaastattelu on rakenteeltaan astetta strukturoidumpi kuin keskustelun omainen avoin haastattelu mutta toisaalta astetta vapaampi kuin lomakehaastattelu (Saunders et al. 2009, s. 320). Teemahaastattelu valikoitui haastattelumenetelmäksi, sillä se mahdollistaa keskustelunomaisen, rennon tiedonvaihdon niin haastateltavan kuin haastattelijankin näkökulmasta. Teemahaastattelut voivat edetä toisistaan poikkeavalla tavalla ja kaikkia kysymyksiä ei välttämättä esitetä jokaisessa haastattelussa. Teemoista pyritään keskustelemaan mah-

dollisimman vapaasti, joka sopii tilanteeseen, jossa hankitaan yleispätevää tietoa tietyistä aihealueista, tässä tapauksessa jalankulku- ja pyöräliikenteeseen vaikuttavista tekijöistä ja tunnusluvuista. Asettelu on hyvä tilanteessa, jossa tutkittu asia on vähemmän tunnettu ja näin ollen tarkkojen, strukturoidulle haastattelulle tyypillisten, kysymysten luominen olisi hankalaa. Toisaalta puolistrukturoitu asettelu varmistaa sen, ettei käsiteltävästä teemasta poiketa liikaa haastattelun aikana ja halutut teemat tulevat käsitellyiksi. Haastatteluille annetaan mahdollisuus vastata haastatteluun myös sähköpostitse. Näiden vastaajien osalta haastattelututkimus on näin ollen todellisuudessa lähempänä lomake- kuin teemahaastattelua.

Teemahaastattelua varten kehitetään asialista eli haastattelurunko, johon haastateltavat saavat tutustua etukäteen. Teemahaastattelun luonteesta johtuen haastattelurunkoa ei kuitenkaan seurata tarkasti, vaan sitä käytetään apuvälineenä varmistamaan, että oleelliset asiat tulee katettua. Sähköpostihaastatteluun osallistuvat vastaajat saavat haastattelurungon mukaiset kysymykset sähköpostitse. Haastattelurunko on esitetty haastattelukutsun yhteydessä liitteessä A.

Haastateltavaksi valitaan jalankulun ja pyöräilyn sekä liikennetiedonkeruun asiantuntijoita. Tutkimusotoksen kooksi suunnitellaan 5 – 15 haastateltavaa. Viisi asiantuntijaa sovitaan diplomityön ohjaajan kanssa vähimmäisvaatimukseksi sille, että mahdollisimman monipuolinen tiedonkeruu saataisiin varmistettua. Yli 15 haastateltavaa voisi puolestaan aiheuttaa melko suuren taakan haastattelujen analysointiin. Todetaan, että 15 haastateltavan jälkeen kerätyn tiedon monipuolisuus ei enää todennäköisesti kasva samassa suhteessa datan purkamiseen kuluvan työmäärän kanssa. Loppujen lopuksi, haastatteluun kutsutaan 12 asiantuntijaa, joista 11 vastaa kutsuun myöntävästi. Haastattelutalaisyksia järjestetään Oulussa ja Tampereella ja haastattelut suoritetaan joko yksin tai pienissä ryhmissä. Seuraavassa esitellään lyhyesti kukin haastatteluun osallistunut asiantuntija sekä heidän taustansa.

Haastattelu 1

11.9.2017, Oulu

Reijo Vaarala, suunnittelupäällikkö, Ramboll Oy (Vaarala 2017)

Reijo Vaaralalla on 27 vuoden kokemus liikennesuunnittelun alalta. Hänen kokemuksensa on kertynyt laaja-alaisesti liikennejärjestelmän eri osa-alueilta mutta erityisesti joukkoliikenteestä sekä viime vuosina huomattavasti kävelyn ja pyöräilyn parista. Vaarala on osallistunut useiden eri kaupunkiseutujen kehittämissuunnittelutyöhön, muun muassa Tampereella, Lahdessa, Joensuussa ja Oulussa. Hän on ollut osallisena monissa Liikennevirastolle laadittujen julkaisujen työryhmissä. Esimerkkijulkaisuja, joita Vaarala on ollut työstämässä, ovat *Jalankulku- ja pyöräilyväylien suunnittelu*, *Kävely ja pyöräily kaavoituksessa* ja *Kaupun-*

kipyörän toimintamalli ja toteuttamismahdollisuudet suomalaisittain suurissa kaupungeissa.

Haastattelu 2

11.9.2017, Oulu

Vesa Verronen, toimialapäällikkö, Ramboll Oy (Verronen 2017)

Vesa Verrosella on yli 30 vuoden kokemus erilaisista liikennesuunnittelutehtävistä. Hänen työnsä painottuu vuosi vuodelta yhä enemmän liikennejärjestelmätöiden ja -suunnittelun menetelmien kehittämiseen maankäytön kehittämisen näkökulmasta. Liikennejärjestelmän kehittämisessä Verronen on painottanut koko työhistoriansa ajan kestävästä liikkumisesta. Joukkoliikenteen, kävelyn ja pyöräilyn toimintamahdollisuuksien edistäminen jo kaavoitusvaiheessa on ollut hänelle johtava teema.

Tuomo Vesajoki, projektipäällikkö, Ramboll Oy (Vesajoki 2017)

Tuomo Vesajoella on yli 25 vuoden kokemus liikennejärjestelmätöistä ja -suunnittelusta. Hänen erikoisalaansa ovat muun muassa maankäytön ja liikenteen vuorovaikutus, multimodaalinen liikennemallintaminen, joukkoliikenteen analysointi, liikenteen vaikutuksen analysointi sekä liikenteen tutkimus- ja kehitystoiminta.

Haastattelu 3

22.9.2017, Tampere

Kalle Vaismaa, Advisory Services -yksikön päällikkö, WSP Finland Oy (Vaismaa 2017)

Kalle Vaismaalla on laaja kokemus erityisesti pyöräilyn edistämisen saralla. Hän työskenteli 7 vuotta Tampereen teknillisen yliopiston liikenteen tutkimuskeskus Vernessä, jossa hän oli mukana työstämässä suuria pyörähankkeita, muun muassa Pykälä I ja Pykälä II -projekteja. Vernessä Vaismaa veti ihmisläheinen kaupunkiliikenne -tutkimusryhmää vuoteen 2015 asti, jonka jälkeen hän siirtyi konsulttiyritys WSP Finland Oy:n palvelukseen. Nykyisin hän vetää WSP Finland Oy:llä Advisory Services -tiimiä, jonka tarkoituksena on kehittää elinkeinoelämän toimintaedellytyksiä. Osana tiimin toimintaa on liikennejärjestelmän ja kaupunkien vetovoimaisuuden kehittäminen. Lisäksi Vaismaa on väitellyt vuonna 2014 tekniikan tohtoriksi väitöskirjan aiheella: *Aloittelijasta mestariksi – pyöräilyn kasvuun vaikuttavat toimenpiteet eurooppalaisissa kaupungeissa.*

Terhi Lahtinen, Advisory Services -yksikön projektipäällikkö, WSP Finland Oy (Lahtinen 2017)

Terhi Lahtinen on työskennellyt laajasti kävelyn ja pyöräilyn parissa niin kaupungin kuin konsulttiyhtiönkin roolissa. Hän työskenteli kaksi vuotta Rauman kaupungilla suunnitteluinsinöörinä ja siirtyi vuonna 2017 konsulttiyhtiö WSP Finland Oy:n palvelukseen. Nykyään hän toimii projektipäällikkönä WSP Finland Oy:llä Advisory Services -tiimissä. Lahtinen on ollut mukana useissa kävelyn ja pyöräilyn laskentoja sekä mittaamista käsittelevässä julkaisussa. Esimerkijulkaisuja, joissa Lahtinen on ollut mukana, ovat *Pyöräilyn ja kävelyn laskennat – ohjeita käytännön työhön* ja *Kävelyn ja pyöräilyn seuranta. Ohjeita mittariston kokoamiseen*.

Haastattelu 4

22.9.2017, Tampere

Timo Seimelä, liikenneinsinööri, Tampereen kaupunki (Seimelä T 2017)

Timo Seimelällä on laaja kokemus liikenteen sekä liikenneinfrastruktuurin kehittämisen saralta. Viimeiset 15 vuotta hän on työskennellyt erityisesti liikennesuunnittelun parissa ja hän on ollut tänä aikana mukana Tampereen merkittävimmissä liikenne- ja maankäyttöhankkeissa. Seimelä on vastannut jalankulku- ja pyöräiliikenteen edistämisestä Tampereen kaupungilla vuodesta 2010 lähtien.

Katja Seimelä, liikennejärjestelmäinsinööri, Tampereen kaupunki (Seimelä K 2017)

Katja Seimelä on työskennellyt liikenteen parissa niin konsulttitoimistossa kuin kaupunginkin palveluksessa. Konsulttitoimistossa hän perehtyi erityisesti liikenneturvallisuuteen. Viimeiset 4 vuotta Seimelä työskenteli Tampereen kaupunkiseudun kuntayhtymän liikennejärjestelmäinsinöörinä, jossa hän muun muassa koordinoi kävelyn ja pyöräilyyn liittyvää yhteistyötä kaupunkiseudun kunnissa. Nykyään Seimelä toimii Tampereen kaupungin liikenneinsinöörinä, jossa hän syventyy erityisesti kävelyn edistämiseen.

Jarno Hietanen, erikoissuunnittelija, Tampereen kaupunki (Hietanen 2017)

Jarno Hietasella on 8 vuoden kokemus erityisesti jalankulun ja pyöräilyn suunnittelusta ja edistämisestä Tampereen kaupungilla. Hietanen on kehittänyt Tampereen kaupungin kävelyn ja pyöräilyn seurantajärjestelmää ja on perehtynyt liikennetilastojen keräämiseen sekä käsittelyyn.

Haastattelu 5 (Viinikainen & Rekola 2017)

8.9.2017, sähköpostihaastattelu

Tytti Viinikainen, kestävän liikkumisen asiantuntija, Liikennevirasto

Tytti Viinikaisella on 15 vuoden kokemus liikennehallinnossa työskentelystä. Nykyisin hän työskentelee kävelyn ja pyöräilyn sekä liikkumisen ohjauksen kehittämistehtävissä Liikennevirastossa. Liikennetiedon keruun saralta Viinikaisella on kokemusta tilaajan roolissa Liikenneviraston T&K-projektissa, jossa pohdittiin laskentojen valtakunnallista tiedonkeruuta. Lisäksi hän on tekemisissä henkilöliikennetutkimusten ja liikkujien tyytyväisyyttä koskevien tutkimusten kanssa.

Maija Rekola, kestävän liikkumisen asiantuntija, Liikennevirasto

Maija Rekolalla on 6 vuoden kokemus kaavoitukseen liittyvästä liikennesuunnittelusta kaupungin palveluksessa. Nykyisin hän työskentelee kävelyn ja pyöräilyn kehittämistehtävissä Liikennevirastossa Jalankulku- ja pyöräliikenteen tiedonkeruun saralta. Rekolalla on kokemusta tilaajana kaupungin palveluksessa, jolloin hän määrittä kävelyn ja pyöräilyn laskentapaikkoja.

Haastattelu 6

18.9.2017, sähköpostihaastattelu

Kati Kiiskilä, Liikennetieto-osaston päällikkö, Sito Oy (Kiiskilä 2017)

Kati Kiiskilällä on noin 20 vuoden kokemus liikennetutkimuksesta ja -suunnittelusta yliopistolla, tiehallinnossa (nykyisessä Liikennevirastossa) ja useissa eri konsulttiyrityksissä. Erityisen vahva kokemus Kiiskilällä on liikenteeseen liittyvistä kyselytutkimuksista ja viime vuosina yhä enemmän myös liikennelaskennasta. Hän on ollut osallisena tekemässä useita kaupunkiseutujen laajoja liikennetutkimuksia ja jonkin verran kävelijä- ja pyöräilijälaskentoja suoraan asiakkaille, erillisinä projekteina sekä osana suunnitteluhankkeita.

Kiiskilä on toiminut tekijänä tai osana työryhmää useassa Liikennevirastolle, Liikenne- ja viestintäministeriölle, ELY-keskukselle ja eri kaupungeille tehdyssä julkaisussa. Esimerkkijulkaisuja, joita hän on ollut työstämässä, ovat *Kävelyn ja pyöräilyn valtakunnallinen strategia 2020*, *Pyöräilyn ja kävelyn laskennat*. *Suunnitelma valtakunnallisen tietojen keruusta ja Kevyen liikenteen seurannan kehittäminen Oulun seudulla*.

Haastattelututkimuksen tulosten avulla on tarkoitus jäsentää kävelyn ja pyöräilyn suosi-oon vaikuttavia keskeisiä tekijöitä. Näin kyseeseen tulee laadullinen analyysi, jonka avulla voidaan selvittää tutkittavan kohteen laatua, ominaisuuksia ja merkityksiä koko-

naisvaltaisesti (Jyväskylän yliopisto 2015). Haastattelututkimuksen analysointi tapahtuu erityisesti työn teoriaosuuden rinnalla ja haastatteluihin viitataan työn edetessä.

2.1.2 Kunnille suunnattu kysely

Diplomityön ensimmäiseen osioon sisältyy kunnille suunnattu kysely, jolla pyritään kartoittamaan niitä jalankulku- ja pyöräliikenteen tiedonkeruun menetelmiä, joita suomalaiset kunnat tyypillisesti käyttävät. Vaikka aineiston keruuseen viitataan tässä työssä termillä kysely, ei kyseessä ole niinkään kyselytutkimus vaan pikemminkin strukturoitu haastattelu. Strukturoitu haastattelu on virallisin haastattelumuoto, jossa vastaajille esitetään tarkkoja kysymyksiä valittuun teemaan liittyen. Kaikille vastaajille esitetään samat kysymykset. Näin ollen strukturoitu haastattelu sopii aineistonkeruumenetelmäksi tilanteessa, jossa halutaan vertailla kuntien käyttämiä jalankulku- ja pyöräliikenteen tiedonkeruumenetelmiä. Strukturoituun haastatteluun päädytään kyselytutkimuksen sijaan, sillä vastaajille halutaan antaa mahdollisuus avoimiin vastauksiin, mikä ei lomakemuotoisessa kyselytutkimuksessa ole mahdollista.

Haastattelun vastaajajoukoksi rajataan Suomen 20 asukasmäärältään suurinta kuntaa, joista Rovaniemi jätettiin diplomityön kohdekaupunkina pois. Haastatteluun vastaa 18 eri kunnan edustajaa eli vain yksi kohdekunnista jää tavoittamatta. Tulosten analysointi tapahtuu määrällisen analyysin avulla, sillä käsitys Suomessa käytettävistä tiedonkeruumenetelmistä muodostetaan haastattelututkimuksen vastauksia tilastoimalla. Määrällinen analyysi onkin tyypillistä muun muassa silloin, kun tutkittavan ilmiön tai kohteen esiintymisen yleisyyttä halutaan tutkia (Jyväskylän yliopisto 2015). Lista haastatteluun osallistuneista kunnista ja strukturoitu haastattelulomake on esitetty liitteessä B. Kunnille suunnatun kyselyn tulokset esitetään liitteessä C.

2.1.3 Rovaniemen haastattelututkimus

Diplomityön viimeisen vaiheen tarkoituksena on luoda toimintasuunnitelma Rovaniemen jalankulku- ja pyöräliikenteen tiedonkeruujärjestelmän toteutuksesta. Aineiston keruun aikana pyritään hahmottamaan Rovaniemen nykyiseen jalankulku- ja pyöräliikenteen tiedonkeruuseen liittyvät haasteet ja hyvät käytännöt. Aiheesta ei ole tarjolla julkisia selvityksiä tai vastaavaa tietoa, joten aineisto kerätään haastattelujen avulla.

Haastattelut toteutetaan asiantuntijahaastattelujen tapaan teemahaastatteluina. Teemahaastattelu valikoitui haastattelumenetelmäksi, sillä se mahdollistaa keskustelunomaisen tiedonvaihdon, jonka aikana haastattelussa voidaan edetä haastattelutilannetta ja haastateltavaa mukaillen sekä syventyä vapaasti haastattelun aikana nouseviin asiakokonaisuuksiin. Haastatteluissa käytetään teemahaastattelulle tyypillisesti apuna haastattelurunkoa, johon haastateltava saa tutustua etukäteen. Haastattelurunko on esitetty liitteessä D.

Työtä varten haastatellaan neljää henkilöä, jotka edustavat Rovaniemen kaupunkia, Lapin ELY-keskusta sekä Rovaniemen liikennelaskennoista edellisissä laskennoissa vastaanuttanut konsulttiyritys Ramboll Finland Oy:tä. Rovaniemen kaupunki vastaa kaupungin sisäisistä jalankulku- ja pyörävylistä ELY-keskuksen ollessa vastuussa kaupunkiin saapuvasta syöttöliikenteen väylistä. Valitsemalla haastatteluun erilaisten organisaatioiden edustajia varmistetaan erilaisten näkemysten ja vastauslähtökohtien kattaminen sekä mahdollisimman hyvä liikennetietotarpeiden monimuotoisuuden huomioiminen. Seuraavassa listataan kukin haastatteluun osallistunut asiantuntija ja heidän edustama organisaatio.

Haastattelu 1

3.8.2017, puhelinhaastattelu

Aku Raappana, suunnittelupäällikkö, Rovaniemen kaupunki

Haastattelu 2

16.8.2017, puhelinhaastattelu

Ulla Alapeteri, suunnitteluinsinööri, Lapin ELY-keskus

Haastattelu 3

11.9.2017, Oulu

Vesa Verronen, toimialapäällikkö, Ramboll Finland Oy

Tuomo Vesajoki, projektipäällikkö, Ramboll Finland Oy

Haastatteluista kaksi suoritettiin puhelimitse ja yksi kasvokkain haastatteluna. Haastattelujen aikana tehtiin muistiinpanoja, eikä haastattelujen täydellistä litterointia jälkikäteen nähty tarpeelliseksi. Haastattelun tulokset on esitetty luvussa 7.4.

2.2 Kirjallisuuskatsaus

Kirjallisuuskatsaus on haastattelututkimuksen rinnalla osa diplomityön ensimmäistä osiota. Kirjallisuustutkimuksessa käytetään lähteenä pääosin tieteellisiä julkaisuja sekä kirjoja ja artikkeleita, joita etsitään eri tietokannoista. Kirjat toimivat alan perustietona ja artikkelit edustavat alan uusinta tietoa. Kirjallisuustutkimus pyritään pitämään kattavana, joten lähteitä haetaan erilaisten tietokantojen ja erikielisten hakusanojen avulla. Pääasialliset käytetyt tietokannat ovat Scopus, Andor ja Web of Science. Tietokannoista etsitään tiettyjen hakusanojen avulla. Käytettyjä hakusanoja on diplomityön eri osissa useita. Suomeksi käytettiin muun muassa seuraavia hakusanoja: *liikenne, jalankulku, kävely, pyöräily, liikennetieto, datan kerääminen, liikennelaskenta, tiedonkeruu, menetelmät ja menetelmät*. Englanniksi tiedonhaku koostui muun muassa seuraavista hakusanoista: *traffic, transport, transportation, pedestrian, bike, bicycle, biker, cycle, cyclist, data collection, methods, data analysis, traffic monitoring, pedestrian volume studies, active transportation, pedestrian analysis ja real time management tool*.

Lisäksi tieteellisten julkaisujen lähteenä käytetään tieteentekijöiden ja tutkijoiden yhteisöpalvelua, ResearchGatea, jossa tutkijat voivat julkaista tutkimusprojektejaan ja kommentoida toistensa julkaisuja. ResearchGaten ketterän luonteen vuoksi palvelu on hyvä lähde aiheeseen liittyvän viimeaikaisen tutkimuksen seurantaan. Sivuston toimintamallista puuttuu kontrolloitu vertaisarviointi, jonka vuoksi ResearchGate-sivuston julkaisuja käsitellään enemmänkin inspiraation ja oivalluksen lähteenä, joille etsitään tukea myös muista julkaisuista.

2.3 Tapaustutkimus

Diplomityön loppuosa muodostuu tapaustutkimuksen varaan, kun viimeisissä luvuissa tarkastellaan Rovaniemen nykyistä jalankulku- ja pyöräliikenteen tiedonkeruujärjestelmää ja esitetään järjestelmään parannusehdotuksia toimintasuunnitelman muodossa. Tapaustutkimus kuvaa yksittäistä tapahtumaa tai rajattua kokonaisuutta käyttämällä eri lähteistä hankittuja tietoja (Jyväskylän yliopisto 2015). Se soveltuu erinomaisesti tilanteeseen, jossa halutaan syventyä yhden kaupungin tilanteeseen.

Erityisesti diplomityön alkupuolella, niin kutsutussa teoriaosuudessa, pyritään tuottamaan tietoa mahdollisimman laaja-alaisesti niin, että työn teoreettinen sisältö olisi relevanttia myös muille kuin Rovaniemen kaupungille. Tapaustutkimuksen luonne aiheuttaa kuitenkin sen, että diplomityön niin sanotussa empiirisessä osuudessa pyritään lisäämään ymmärrystä juuri Rovaniemen kävely ja pyöräliikenteen seurannasta, eikä niinkään tuottamaan yleistettävää tietoa. Työn lopussa toki pohditaan mitä Rovaniemen tapaus opettaa muille vastaaville projekteille ja miten saatuja tuloksia voitaisiin mahdollisesti soveltaa myös muissa kaupungeissa tai kunnissa. Saaranen-Kauppinen ja Puusniekka (2006) mukaan yhdenkin tapauksen huolellinen tutkiminen voi tarjota yksittäistapauksen ylittävää tietoa, vaikka sen pohjalta ei voi esittää yleistyksiä. Tähän pyritään myös tämän diplomityön tapaustutkimuksessa.

3. TAUSTAA: KÄVELY JA PYÖRÄILY LIIKENNEJÄRJESTELMÄSSÄ

Liikennejärjestelmä on monimutkainen kokonaisuus, jossa yhdistyvät liikenteen infrastruktuuri sekä sitä käyttävät ihmiset ja ajoneuvot. Liikennejärjestelmään kuuluvat myös liikenteen ohjaus- ja hallintatoimet, liikennepalvelut ja kaikki se tieto, joka on oleellista järjestelmän eri osien toiminnan kannalta. (Liikennevirasto 2014).

Liikennettä ovat kaikki ihmiset ja ajoneuvot, jotka liikennejärjestelmässä liikkuvat. Kävelyn ja pyöräilyn rooli liikennejärjestelmässä on tyypillisesti niputettu yhteen ”kevyt liikenne” -termin alle. Viime vuosina tästä yhteisnimityksestä on kuitenkin luovuttu, sillä kulkumuotojen erilaisuus toistensa suhteen on ymmärretty paremmin. Kalle Vaismaa (2017) kuvaili kävelyn ja pyöräilyn erilaisuutta haastattelussa sanoin:

”Kävely ja pyöräily on tosi erilaiset kulkutavat. Pyöräily on liikennettä. Kävely on sitä mutta se on myös oleskelua ... se (kävely) on tavallaan se, mikä liittää meidät elämään.”

Myös Kati Kiiskilä (2017) alleviivasi jalankulun ja pyöräilyn erilaisuutta haastattelussa kertomalla jalankulkijan olevan tyypillisesti asenteiltaan lähempänä joukkoliikenteen käyttäjää kuin pyöräilijää ja pyöräilijä vastaavasti lähempänä autoilijaa kuin jalankulkijaa. Seuraavissa alaluvuissa tarkastellaan jalankulkua ja pyöräilyä, niiden erilaisuutta sekä niitä tekijöitä, jotka selittävät kävelyyn ja pyöräilyyn liittyviä liikkumisvalintoja.

3.1 Jalankulkuliikenne

Tieliikennelaissa (1981/267 2 §) jalankulkijalla tarkoitetaan jalan sekä rullaluistimilla tai -suksilla liikkuvaa, avustavan välineen kuten potkukelkan, rollaattorin tai pyörätuolin kuljettajaa sekä polkupyörän tai mopon taluttajaa. Jo lain antamasta jalankulkijan määritelmästä voi päätellä kyseessä olevan laaja kulkumuodon käsite, johon sisältyvä liikkujakanta on hyvin monimuotoista.

3.1.1 Jalankulkuliikenteen luonne ja ympäristö

Jalankulku, ja erityisesti kävely, on tärkeässä osassa liikenteen kokonaisuudessa. Liikenneviraston julkaiseman henkilöliikennetutkimuksen mukaan noin 25 % matkoista on pääkulutavaltaan jalankulkumatkoja. Toisaalta valtakunnallisesta liikenteen kokonaisuudesta jalankulun osuus on vain 2 %. Jalankulkumatkoja tehdään siis paljon mutta

pääosin lyhyillä matkoilla. Henkilöliikennetutkimuksen mukaan keskimääräinen jalan kuljettu matka onkin vain 1,0 km/hlö/vrk. (Liikennevirasto 2012). Henkilöliikennetutkimuksessa havaittu kävelyn osuus, 25 % kaikista matkoista, kuvastaa vain niitä matkoja, joilla jalankulku on pääkulkumuoto. Jokainen matka kuitenkin alkaa ja loppuu kävelyyn, vaikka pääosa matkasta tehtäisiinkin muulla kulkumuodolla (Lahtinen 2017). Näin ollen kävelyn rooli liikennejärjestelmässä on merkittävä, jopa merkittävämpi kuin henkilöliikennetutkimuksen perusteella käy ilmi.

Kävelyä suoritetaan matkoilla, jotka ovat erityisen tyypillisiä kaupunkien keskusta-alueilla. Pääkulkutavaltaan kävellen liikutut matkat tehdään valtaosin vapaa-ajan tarkoituksessa. Henkilöliikennetutkimuksen tulosten mukaisesti kävelyn tarkoitus on yleisimmin ”muu vapaa-ajan tarkoitus”. Tällä viitataan esimerkiksi elokuvissa käyntiin, harrastuksiin tai ulkoiluun. Tämän jälkeen suosituin jalankulkumatkan tarkoitus on ostos- ja asiointimatkat. (Liikennevirasto 2012). Elokuvissa käynti, harrastukset ja erityisesti ostos- ja asiointipaikat sijoittuvat tyypillisesti kaupunkien keskusta-alueelle. Voidaankin otaksua, että suuri osa kävelymatkoista sijoittuu näistä syistä juuri ydinkeskustan alueelle.

Liikennetutkimuksellisesta näkökulmasta jalankulun ympäristö on melko moniulotteinen ja laaja. Tieliikennelaissa (1981/267 40 §) määrätään, että jalankulkijan tulee käyttää jalkakäytävää tai tienvarren piennarta. Jos jalkakäytävää tai piennarta ei ole, jalankulkija voi kulkea pyörätien tai ajoradan reunaa. Pihakadulla ja kävelykadulla jalankulkija saa kulkea kadun kaikilla osilla. Tieliikennelain (1981/267 44 §) mukaisesti ajorataa ylittäessään jalankulkijan tulee käyttää suojatietä, jos sellainen on lähellä. Muussa tapauksessa ajoradan voi ylittää ilman suojatietä mutta mieluusti risteyksen vierestä. Jo lainsäädännössä annetut raamit jalankulun sijainnille ovat siis joustavia, mikä luo haastetta liikennetutkimukselle esimerkiksi havaintopisteiden sijoittamisessa.

Lainsäädännön antamien rajojen lisäksi kävelijät valitsevat kulkureitiksi myös muitakin kuin vain kävelylle suunnattuja väyliä, mikä asettaa niin haasteita mutta myös mahdollisuuksia jalankulkuliikenteen tutkimiseen. Liikenneviraston kävelyn suunniteluohjeen mukaan jalankulkijoille on tyypillistä jakaa reittinsä lyhyisiin, näkyvissä oleviin etappeihin. Reittivalinnat etapilta toiselle tehdään yleensä reitin suoruuden sekä viihtyisyyden eikä niinkään olemassa olevien väylien mukaisesti. (Liikennevirasto, 2014, s. 20). Jos liikennetutkimukseen liittyvä tutkimuspiste sijoitetaan paikkaan, jonka osa kävelijöistä ohittaa epävirallisen kulkureitin, esimerkiksi niin sanotun ”kinttupolun”, kautta, on havainnoitujen jalankulkijoiden otos vääjäämättä pienempi kuin mitä se olisi, jos kaikki väylällä liikkujat ohittaisivat tutkimuspisteen. Tämä vääristää tutkimustuloksia erityisesti silloin, jos tarkoituksena on tutkia väylän poikkileikkauksen liikennemäärää, esimerkiksi keskustaan suuntautuvan jalankulkuliikenteen määrää. Jalankulkijoiden vapautta valita liikkumisreittinsä voidaan toisaalta hyödyntää, kun halutaan havainnoida esimerkiksi liikenneympäristön sujuvuutta, turvallisuutta tai viihtyisyyttä. Liikkujien tekemiä, virallisista jalankulkuväylistä poikkeavia, reittivalintoja analysoi-

malla voidaan tehdä alustavia havaintoja vaikkapa turvattomaksi koetusta suojatiestä tai viihtyisyydeltään huonosta jalankulkuväylän osasta.

3.1.2 Kävelyn valintaan vaikuttavat tekijät

Kävely valitaan liikkumismuodoksi, kun se on matkan pituuden sekä liikkumisympäristön sujuvuuden, turvallisuuden ja viihtyisyyden puolesta houkutteleva vaihtoehto. Vaarala (2017) totesi haastattelussa, että matkan pituuden suhteen kipukynnyksenä jalankululle voidaan pitää 1 kilometriä, jota pidemmällä matkoilla liikkujat valitsevat usein jonkun toisen kulkumuodon. Tätä tukee myös valtakunnallisen henkilöliikennetutkimus, jonka mukaan keskimääräinen jalan kuljettu matka on vain 1,0 km/hlö/vrk (Liikennevirasto 2012). Maankäytön tiiviys on siis keskeinen panostuksen kohde, kun kävelyä halutaan lisätä sekä kävelyn potentiaalia tutkia ja seurata.

Usein ei kuitenkaan riitä, että matkan kohde on tarpeeksi lähellä kävelyä varten mutta sinne johtavan reitin tulee olla myös sujuva, viihtyisä ja turvallinen. Vaismaan (2017) mukaan kävely kaupungin ydinkeskustassa on erityisen houkuttelevaa silloin kun siellä pääsee kävelemään vapaasti ilman jatkuvia pysähdyksiä esimerkiksi punaisiin valoihin. Vaismaa kuvaileekin ideaalia kaupungin ydinkeskustaa taivasalla olevana kauppakeskuksena, jossa jalan liikkuminen on sujuvaa ja turvallista. Asiointikohteiden saavutettavuus tulee kuitenkin varmistaa myös muille kulkumuodoille. Viihtyisyys puolestaan vaikuttaa eritoten oleskelun määrään (Lahtinen 2017). Haastattelututkimuksessa asiantuntijat olivat kaiken kaikkiaan melko yhtä mieltä siitä, että matkan pituus, sujuvuus, turvallisuus ja viihtyisyys ovat jalankulun valintaa merkittävimmin määritteleviä tekijöitä.

Edellä mainittujen tekijöiden lisäksi myös sääolosuhteet voidaan nostaa jokseenkin tärkeiksi jalankulkua selittäviksi tekijöiksi. Osa asiantuntijoista näki, että erityisesti sade vaikuttaa negatiivisesti kävelyn valintaan. Tälle näkemykselle löytyy tukea tutkimuksista. Esimerkiksi Chapman Lahti ja Miranda Moreno tutkivat säätilojen vaikutusta jalankulkijoiden määrään Kanadan Montrealissa yhden vuoden ajalta. Kesäkuukausina (huhti – marraskuu) sateella oli suurin vaikutus ja ilman lämpötilalla toiseksi suurin vaikutus kävelijöiden määrään. Talvikuukausina (joulukuu – maaliskuu) lämpötilalla ja sateen määrällä oli samanvertainen vaikutus jalankulun suosioon. (Chapman Lahti & Miranda Moreno 2012).

Yleisesti ottaen ilman lämpötilan rooli jalankulun selittävänä tekijänä vaikuttaa olevan vaihtelevampi kuin sateen määrän. Suomessa valtakunnallisessa henkilöliikennetutkimuksessa havaittiin kävelyn määrän itse asiassa lisääntyvän talvikuukausina. Kesäheinäkuussa vuorokauden keskimääräinen kotimaan matkasuorite jalankulun osalta on 0,8 km/hlö/vrk. Tammikuussa ja maaliskuussa vastaava luku on 1,4 km/hlö/vrk. Tutkijoiden mukaan jalankulku toimii vaihtoehtoisena kulkumuotona pyöräilylle kylmyyden ja keliolosuhteiden vaikutuksesta. (Liikennevirasto 2012). Henkilöliikennetutkimuksen

tuloksia selittää Vaismaan (2012) tekemä huomautus siitä, että usein kävelymatkojen määrä on kovallakin pakkaskelillä melkein samanlainen lauhempaan keliin verrattuna ja pääasiassa oleskelun määrä vähenee. Tätä väitettä tukee myös Chapman Lahti ja Miranda Morenon tutkimus, jossa jalankulkuliikenteen määrän todettiin stabilisoituvan alhaisessa lämpötilassa arkipäivisin. Tämä viittaa tutkijoiden mukaan siihen, että tietyt kävelymatkat talvikausina ovat joustamattomia. (Chapman Lahti & Miranda Moreno 2012).

Kuvassa 1 on esitetty yhteenveto kävelyn valintaan vaikuttavista merkittävimmistä tekijöistä. Näihin tekijöihin kiinnitetään erityinen huomio, kun jalankulun tiedonkeruuseen kehitetään juuri kävelyn seuraamiseen soveltuvia tunnuslukuja luvussa 4.3.

KÄVELYN VALINTAAN VAIKUTTAVAT:



Kuva 1. Kävelyn valintaan vaikuttavat merkittävimmät tekijät.

3.2 Pyöräliikenne

Vaikka pyöräilijät eivät ole aivan niin monimuotoinen liikkujaryhmä kuin jalankulkijat, on myös pyöräilijätyyppejä monenlaisia ja vaatimukset pyöräliikenteen tarjonnan järjestelylle ovat laajat. Työmatkapyöräilijät suosivan suoria ja nopeita reittejä, joissa on mahdollisimman vähän matkaa hidastavia tekijöitä (Vaismaa 2017), kun taas esimerkiksi vapaa-ajan pyöräilijät voivat nopean matkan taittumisen sijaan arvostaa pyöräilyssä vaikkapa viihtyisää ja mielenkiintoista pyöräily-ympäristöä.

3.2.1 Pyöräliikenteen luonne ja ympäristö

Pyöräily ei ole tilastojen valossa aivan yhtä suosittua kuin jalankulku. Pyöräillen kuljetaan pidempiä matkoja mutta harvemmin kuin kävellen. Vuoden 2010 – 2011 henkilöliikennetutkimuksen mukaan suomalaisten tekemistä matkoista noin 8 % on pyörämatkoja ja kokonaissuoritteesta pyöräilyn osuus on vain 1,7 %. Keskimääräinen pyörällä kuljettu matka on henkilöliikennetutkimuksen mukaan 3,1 km/hlö/vrk. Aktiivisimmat pyöräilijät ovat alle 17-vuotiaat. 35-ikävuoden jälkeen pyöräilyn osuus laskee iän kasvaessa. Ajokortista luopuvat vanhukset vaikuttavat tutkimustulosten mukaan siirtyvän pyöräilyn sijasta kävelyyn. (Liikennevirasto 2012).

Pyöräily on erityisen suosittua matkoilla, jotka ovat tyypillisiä keskustan sisäisessä ja keskustaan suuntautuvassa liikenteessä. Henkilöliikennetutkimuksen tulosten mukaisesti pyöräilymatkan tarkoitus on yleisimmin jalankulun tapaan ”muu vapaa-ajan tarkoitus”, jonka jälkeen suosituin matkatyyppi on työmatkapyöräily. Vapaa-ajan kohteiden ja työpaikkojen sijaitessa useimmiten keskusta-alueella tai sen läheisyydessä, voidaan pyöräilyn suosituiksi paikoiksi katsoa keskustan ja keskustaan johtavat väylät.

Pyöräilijän paikka liikenneympäristössä ei lain mukaisesti ole niin joustava kuin jalankulkijan. Toisaalta, pyöräilyn sijaintiin liittyvä lainsäädäntö voi tuntua monesta pyöräilijästä jopa monimutkaiselta, jolloin pyöräilyä tapahtuu myös väylillä, jossa sitä ei lain mukaan saisi esiintyä. Tieliikennelain mukaan pyöräilijällä on velvollisuus käyttää pyörätietä, jolla viitataan polkupyöräliikenteelle tarkoitettuun, liikennemerkillä osoitettuun, ajoradasta rakenteellisesti erotettuun tien osaan taikka erilliseen tiehen. Pyörätie osoitetaan aina liikennemerkillä 422 – 425. Jos pyörätietä ei ole osoitettu, tulee pyöräilijän käyttää ajoradan oikeaa reunaa. Poikkeuksena ovat alle 12-vuotiaat pyöräilijät, jotka voivat käyttää jalkakäytävää. (1981/267 2 §). Suojatietä polkupyöräilijä voi käyttää jos se on yhdistetyn tai rinnakkaisen pyörätien ja jalkakäytävän jatke. Muutoin pyöräilijän on talutettava pyöränsä suojatien yli. Suomessa pyörätien jatke on perinteisesti merkitty tiehen pelkillä suojatiemaalauksilla, jolloin pyöräilijän voi olla vaikea tietää, onko kyseessä suojatie vai pyörätien jatke. (Liikenneturva 2013).

Kuten jalankulun kohdalla, myös pyöräilyä tutkiessa on syytä nostaa katse pyöräilyä koskevasta lainsäädännöstä ja tarkkailla sitä, miten ihmiset todellisuudessa pyöräilevät liikenteessä kuljettavat. Kuten aikaisemmin todettua, pyöräilyn sijoittuminen liikenneympäristössä on lainsäädännöllisesti hieman monimutkaisempaa verrattuna jalankulkuun. Liikenteessä voi nähdä pyörällä ajettavan lainsäädännön vastaisesti esimerkiksi ainoastaan jalankululle osoitetulla jalkakäytävällä tai ylitettävän jalankulkijoiden suojatie taluttamatta pyörää. Liikennetutkimuksia suunnitellessa ei voida siis täysin nojata siihen oletukseen, että havainnoitavia kohteita olisi vain pyöräilylle osoitetulla väylällä vaan tarkkailu olisi hyvä ajoittain ulottua myös vain jalankululle tai jopa moottoriajoneuvoille osoitettuun liikennetilaan.

3.2.2 Pyöräilyn valintaan vaikuttavat tekijät

Pyöräilyyn vaikuttavat osittain samat tekijät kuin kävelyyn. Erityisesti matkan pituus, liikenneverkon ja väylien suunnittelu, kunnossapito sekä asenteet nousivat asiantuntija-haastattelussa tärkeimmiksi pyöräilyn suosioon vaikuttaviksi tekijöiksi. Vaismaa (2017) korosti haastattelussa, että pyöräily valitaan liikkumismuodoksi kun se on aidosti vaihtoehto muille kulkumuodoille, erityisesti autoilulle. Aito vaihtoehto pyöräily on hänen mukaansa silloin, kun matkan pituus on kohtuullinen, liikenneverkko ja väylät on suunniteltu niin että pyörällä on helppo lähteä kotiovelta, pyöräreitit ovat selkeitä, jat-

kuvia sekä turvallisia ja pyörän pysäköiminen määränpäässä on vaivatonta. Pyöräily valitaan siis silloin, kun sen on autoilua nopeampi, rennompi ja turvallisempi tapa liikkua.

Useimmat haastatelluista asiantuntijoista kokivat, että pyöräilyä ei rajoita niinkään vuodenaika tai olosuhteet, vaan väylän kunnossapito ja ihmisten asenteet. Kunnossapidon merkitys pyöräilyä selittävänä tekijänä nousee esille erityisesti talviolosuhteissa. Esimerkiksi Tampereella huomattiin talvikunnossapidosta karsimisen johtavan miltei välittömästi pyöräilymäärien romahtamiseen (Hietanen 2017). Pahinta on, että yhden talviaamun pyöräilymatka huonosti ylläpidetyllä väylällä voi johtaa siihen, että liikkuja hylkää huonon kokemuksen vuoksi talvipyöräilyn useaksi viikoksi tai jopa koko lopputalveksi. Tälle ajatukselle löytyy tukea myös tutkimuksista. Esimerkiksi Vitikka et al. (2003) suorittaman kyselyn mukaan suurimmat talvipyöräilyn esteet ovat tärkeysjärjestyksessä: kylmyys, väylien liukkaus, lumi- tai räntäsade ja väylien lumisuus.

Pyöräilyyn liittyvät asenteet ja tottumukset sekä pitkän aikavälin valinnat vaikuttavat osaltaan pyöräilyyn. Kiiskilän (2017) mukaan ihminen tavallisesti tekee pidemmän aikavälin elämäntapavalintoja, jotka rajaavat niitä mahdollisuuksia, joita hänellä on päivittäisiin kulkutapavalintoihin. Valintoja ei tehdä joka matkan osalta erikseen, vaan kulkutapavalinnat muotoutuvat rutiineiksi. Jos syksyisin pyörä vaihdetaan tottumuksesta autoon tai joukkoliikenteeseen, niin talvipyöräilyn mahdollisuutta on monesti vaikea edes huomioda (Seimelä K 2017). Lahtinen (2017) kuvaili rutiinien muuttamisen ja pyöräilyn aloittamisen olevan todennäköisempää ja helpompaa, kun kaupungissa on paljon pyöräilijöitä ja se on tunnustettu kulkutapa. Timo Seimelä (2017) yhtyi tähän mielipiteeseen toteamalla, että tietyissä kaupungeissa pyöräily on viime vuosiin asti profiloitunut erittäin negatiiviseksi, jolloin pyöräilyn imagon parantamiseen on jouduttu tekemään erityisen paljon työtä.

Vaikka liikkujien asenteet esimerkiksi talvipyöräilyä kohtaan ovat haastatelluiden asiantuntijoiden mielestä merkittävämpi pyöräilyä selittävä tekijä kuin talviolosuhteita kuvaava säätila, pystytään pyöräilyn suosiota ennustamaan ja selittämään tutkimusten perusteella melko hyvin myös vuodenaikaa ja säätilaa kuvaavien muuttujien avulla. Esimerkiksi henkilöliikennetutkimuksen mukaan pyöräilyn matkasuoritteiden huippukuukaudet osuvat kesäkuukausille. Pyöräilymäärien huippu on heinäkuussa, jolloin pyöräilyosuus on keskimäärin 1,5 km/hlö/vrk. Alhaisin suorite syntyy joulumaaliskuussa, jolloin pyöräilläään keskimäärin 0,2 km/hlö/vrk. (Liikennevirasto 2012). Pyöräilyyn liittyvää tiedonkeruuta tulee siis toteuttaa kesäkuukausien aikana ja talvikuukausina tehdä täydentävää tutkimusta tarpeen mukaan.

Vitikka et al. puolestaan tutkivat lämpötilan ja sateen vaikutusta pyöräilyyn ja totesivat pyöräilymäärien olevan noin 20 % pienempiä 0 °C lämpötilassa verrattuna + 20 °C lämpötilaan. Lisäksi erittäin pienikin sade vähensi pyöräilyn määrää noin 20 %. Sateen määrällä ei sinänsä todettu olevan vaikutusta. Tutkijat mainitsivat, että sademäärää tärkeämpi tekijä vaikuttaisi olevan aamulla koettu sateisuus ja päivän sade-ennuste. (Vi-

tikka et al. 2003). Todennäköisesti monelle työ- ja koulumatkalaiselle aamun keli määrittelee sen, taitetaanko matka töihin tai kouluun pyörällä vai muulla kulkumuodolla, joten liikennemääriä tutkiessa ja ennustaessa on tärkeää kirjata ylös tutkimuspäivän aamun sadetilanne ja päivän sade-ennuste.

Kuvassa 2 on esitetty yhteenveto pyöräilyn valintaan vaikuttavista merkittävimmistä tekijöistä. Näihin tekijöihin kiinnitetään erityinen huomio, kun pyöräilyn tiedonkeruuseen kehitetään pyöräilyn seuraamiseen soveltuvia tunnuslukuja luvussa 4.3.

PYÖRÄILYN VALINTAAN VAIKUTTAVAT:



Kuva 2. Pyöräilyn valintaan vaikuttavia tärkeimpiä tekijöitä.

3.3 Kulkumuotojen erottelun tärkeys

Liikennetiedon keruun kannalta on keskeistä tiedostaa, että jalankulku- ja pyöräliikenne eroavat luonteeltaan moottoriajoneuvoliikenteestä. Moottoriajoneuvoliikenne on verrattain helposti tutkittava kohde, sillä se on lähes pakotettu liikkumaan määrätyillä ajoväylillä, jossa kulkusuunta ja -nopeus ovat rajoitusten vuoksi jotakuinkin ennustettavissa. Jalankulkijat ja pyöräilijät voivat sitä vastoin valita melko vapaasti liikkumisympäristönsä, -suunnan ja -nopeuden, vaikkakin väylien nopeusrajoitukset koskevat ajoneuvojen lisäksi myös pyöräilijöitä (Liikennelaki 1981/267). Jalankulku- ja pyöräliikenteen tiedonkeruuta tulisi näin käsitellä omana prosessinaan, jossa käytetään kävelyn ja pyöräilyn näkökulmasta suunniteltuja tunnuslukuja, tiedonkeruupisteitä ja -menetelmiä. Lisäksi erotellessa tiedonkeruu ajoneuvoliikenteen tiedonkeruusta pystytään paremmin ottamaan huomioon kävelyn ja pyöräilyyn vaikuttavat kausi- ja muut vaihtelutekijät (Vitikka et al. 2003).

Liikennetiedon keruun kannalta on tärkeää, ettei kävelyä ja pyöräilyä tarkastella yhtenä liikennemuotona vaan ne erotellaan myös toisistaan. Vaismaa (2017) kertoo haastattelussa kävelyn ja pyöräilyn liikennetiedonkeruun niputtamisen yhteen olevan ongelmallista. Sitä vastoin tiedonkeruun suunnittelussa tulisi pohtia erikseen kävelyn ja oleskelun sekä erikseen pyöräilyn tutkimista. Samaa mieltä oli myös Lahtinen (2017), jonka mukaan kävelyn ja pyöräilyn erottelu tiedonkeruussa on tarpeellista, sillä ne eroavat toisistaan oleellisesti matkanopeuksien ja matkojen pituuden suhteen. Tälle löytyy tukea

useista selvityksistä. Jalankulkijoiden keskinopeudeksi on eräässä nopeustutkimuksessa saatu 4,5 km/h (Knoblauch 1996) ja pyöräilyn vastaavaksi arvoksi 16,8 km/h (Yamamoto et al. 2012). Ero kulkumuotojen matkanopeuksissa on selvä. Henkilöliikennetutkimuksessa matkojen pituuksien välillä on havaittu jonkin verran tilastollista eroa tyypillisen kävelymatkan ollessa alle 1 km ja pyöräilymatkan 1 – 3 km (Liikennevirasto 2012). Vaismaan ja Lahtisen esittämää alleviivausta jalankulun ja pyöräilyn keskinäisestä monimuotoisuudesta voidaan siis pitää aiheellisenä. Näin ollen tässä työssä pyritään pohtimaan jokaisen käsiteltävän liikennetiedonkeruumenetelmän soveltuvuutta erikseen niin jalankulun kuin pyöräilynkin kannalta.

4. LIIKENNETIEDON HYÖDYNTÄMINEN JA TIE- TOTARPEET

Tämän luvun tutkimuskysymys on: *millaista liikennetietoa tarvitaan pohjaksi jalankulku- ja pyöräliikenteen liikennejärjestelmän kehittämiseksi sekä jalankulku- ja pyöräliikenteeseen liittyville uusille liikenne- ja liikkumispalveluille?* Luvun alussa esitellään liikennetiedon hyödyntämiskohteita ja näiden asettamia tietotarpeita. Tämän jälkeen pohditaan niitä uusia liikenne- ja liikkumispalveluja, joita tulevaisuudessa on nähtävissä sekä sitä, minkälaisia liikennetietotarpeita näihin tulevaisuuden palveluihin voisi liittyä. Lopuksi jalankululle ja pyöräilylle esitetään näitä hyödyntämiskohteita silmällä pitäen tunnuslukujoukko, joita tutkimalla jalankulku- ja pyöräliikenteen tietotarpeisiin voidaan vastata.

4.1 Liikennetiedon hyödyntäminen

Tässä työssä liikennetiedolla viitataan sellaiseen tietoon, joka kuvailee liikennejärjestelmää sekä sen osia. Liikennetieto kuvaa näin ollen muun muassa liikennejärjestelmän käyttöä, liikkujien tarpeita ja asenteita, ajoneuvo- ja kulkutapavalintoja, väylien kuntoa ja turvallisuutta sekä liikenteen kustannuksia ja ympäristövaikutuksia. Liikennetiedon hyödyntämistä selvityksessään tutkinut Katja Hyökki (2006) painottaa termien liikennetieto ja liikennedata välistä eroa. Hänen mukaansa liikennedatalla viitataan liikenteestä kerätyyn, käsittelemättömään ja korjaamattomaan dataan. Liikennetiedolla puolestaan tarkoitetaan liikennedatasta analysoinnin avulla jalostettua tietoa liikenteestä.

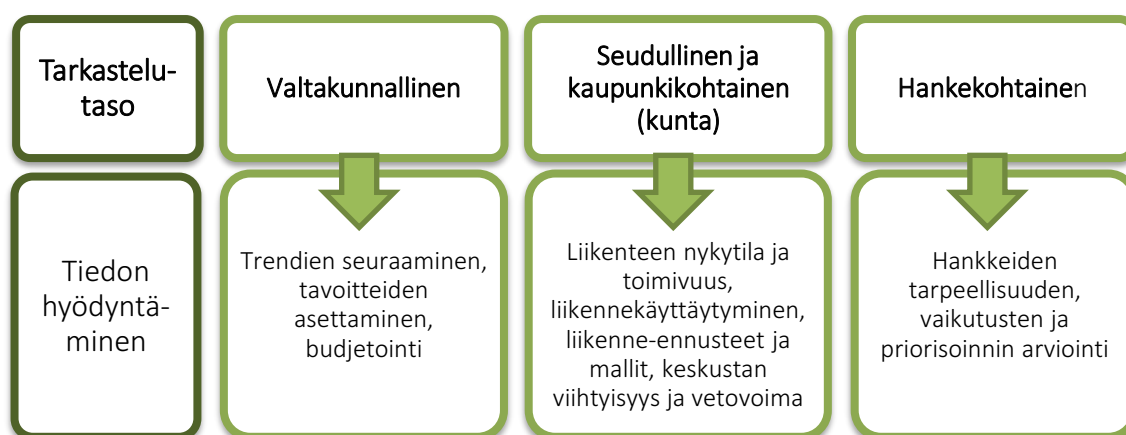
Liikennetiedon hyödyntämiskohteet ovat monimuotoisia ja -tasoisia. Haastatteluissa asiantuntijoilta tiedusteltiin liikennetiedon hyödyntämiskohteista yleisesti sekä mihin he itse liikennetietoa omassa roolissaan ja organisaatiossaan käyttävät. Vastausten pohjalta liikennetiedon hyödyntämiselle tunnistettiin seuraavat pääkohteet:

- strategioiden ja tavoitteiden asettelu,
- kaavoitus ja maankäyttö,
- rahoitus ja budjetointi,
- liikennejärjestelmän hallinta,
- tekninen suunnittelu,
- kunnossapidon suunnittelu ja toiminnan arviointi,
- markkinointi,
- liikkumispalvelut ja
- liikkujien tarpeet.

Haastatteluissa esille tulleet liikennetiedon hyödyntämiskohteet ovat laajoja ja rajoittuvat harvoin puhtaaseen liikenteen suunnitteluun.

Yhtäläinen johtopäätös saatiin myös kirjallisuustutkimuksen pohjalta. Tuuli Rantala ja Terhi Luukkonen (2014) esittävät kävelyn ja pyöräilyn seurannan ohjeessaan liikennetiedon tarpeen tarkastelutasoiksi valtakunnallisen, maakuntakohtaisen sekä seutu- ja kaupunkikohtaisen tason. Vitikka et al. (2003) puolestaan ehdottavat vielä lisäksi hankekohtaista tasoa. Nämä liikennetiedon tarpeen tarkastelutasot kuvastavat liikennetiedon monipuolisia käyttökohteita, joista on esitetty yhteenveto kuvassa 3.

Liikennetiedon tarpeen tarkastelutasot



Kuva 3. Liikennetiedon tarpeen tarkastelutasot ja tasokohtaiset hyödyntämiskohdet.

Rantalan ja Luukkosen (2014) Liikennevirastolle tekemän kävelyn ja pyöräilyn seurannan ohjeen mukaan valtakunnallisella tasolla liikennetietoa hyödynnetään trendien tutkimisessa sekä strategioiden, tavoitteiden ja budjettien laadinnassa ja seurannassa. Valtakunnallisten jalankulku- ja pyöräliikenneseurantojen pohjalta on esimerkiksi muotoiltu liikennepoliittinen tavoite kävelyn ja pyöräilyn lisäämisestä vuodelle 2020 (Liikennevirasto 2012).

Seutu- ja kaupunkikohtaisella tasolla liikennetietoa käytetään alueen liikennejärjestelmän sekä maankäytön kehittämiseen. Vesajoki (2017) kuvaili tiedon tuottamisen maankäytön kehittämistä ja suunnittelua varten olevan yksi liikenneinsinöörin tärkeimmistä tehtävistä. Samoilla linjoilla oli Timo Seimelä (2017), joka kertoi liikennedatan olevan tärkeä lähtötieto kaikissa maankäytön suunnitteluhankkeissa. Rantala ja Luukkosen (2014, s. 14) mukaan liikenteen seurantatietoja voidaan hyödyntää seutu- ja kaupunkitasolla muun muassa seuraaviin teemoihin ja kehityskohteisiin:

- liikenteen nykytila,
- liikenteen toimivuus ja mahdollisten parannusten tarve,
- liikennekäyttäytyminen,
- liikennemäärien kasvutavoitteet ja trendien havainnointi,
- liikenne-ennusteet ja liikennemallit sekä
- kaupunkielämän laatu ja viihtyisyys, keskustan vetovoima ja liike-elämäpotentiaali.

Hankekohtaisesti liikennetiedon avulla tuotetaan taustatietoa hanketta koskevalle päätöksenteolle ja suunnittelulle tutkimalla esimerkiksi kohteen turvallisuutta tai liikennemääriä ja tekemällä tulevaisuuden liikenne-ennusteita. Usein hankkeita toteutettaessa liikenteelle tehdään myös ennen-jälkeen-seurantaa. Kerätyn tiedon avulla voidaan paremmin arvioida hankkeiden tarpeellisuutta ja vaikutusta sekä näin määritellä hankkeiden toteutusjärjestyksiä (Rantala & Luukkonen 2014, s. 14).

Maakunnan rooli liikennejärjestelmän suunnittelussa on tulevaisuuden kannalta mielenkiintoinen mutta hieman epäselvä, sillä meneillään oleva maakuntauudistus on vielä keskeneräinen. Näin ollen maakuntatasoa ei ole otettu tässä huomioon. Todennäköisesti maakuntien tarpeet liikennetiedon kannalta tulevat olemaan jotain kuntatason ja valtakunnallisen tason väliltä. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2017).

4.2 Liikenteen kehittyminen ja sen asettamat tietotarpeet

Edellisessä alaluvussa keskusteltiin siitä, millaista liikennetietoa nykyisin tarvitaan pohjaksi jalankulku- ja pyöräliikenteen kehittämiseksi. Liikenne on kuitenkin jatkuvasti muuttuva järjestelmä, johon liittyvät palvelut ja palveluiden tietotarpeet kehittyvät uusien tarpeiden ja innovaatioiden myötä. On aiheellista pohtia, miten vuonna 2017 rakennettu liikenteen tiedonkeruujärjestelmä voitaisiin toteuttaa niin, että sen avulla on mahdollista keräää relevanttia dataa myös viiden, kymmenen tai jopa kolmenkymmenen vuoden päästä.

Tässä työssä tulevaisuuden tarpeita pohditaan asiantuntijahaastattelun avulla. Haastatte- luissa asiantuntijat nostivat esille seuraavat kehityksen osa-alueet, jotka jalankulku- ja pyöräliikenteen tiedonkeruun suunnittelussa ja toteutuksessa tulisi huomioida. Nämä pyritään ottamaan huomioon tunnuslukuja kehittäessä.

Alueiden liike-elämäpotentiaalia arvioidaan jalankulkuliikenteen avulla

Lahtisen (2017) mukaan tulevaisuudessa päättäjät ja suunnittelijat alkavat huomioida yhä enemmän kaupunkitiloissa tapahtuvaa oleskelua. Oleskelun määrä ja laatu kiinnos- tavat usein myös kaupallisia osapuolia, sillä oleskelulla on todettu olevan kiinteä yhteys kaupankäyntiin. Kaupalliset toimijat hyödyntävät tietoa saatavilla olevien liiketilojen läheisyydessä liikkuvasta asiakaspotentiaalista eli jalankulkijoiden määrästä tehdessään päätöksiä toimitilojensa sijoittumisesta. Kaupunki voi nostaa imagoaan kaupallisten

toimijoiden keskuudessa tarjoamalla helposti saatavilla olevaa ja selkeää tietoa jalkajien ja oleskelijoiden määrästä.

Oleskeluun liittyviksi tietotarpeiksi voitaisiin nostaa seuraavat tutkimuskohteet:

- oleskelun määrä ja laatu,
- liikenteen vaihtelu vuorokaudenajan, viikonpäivän ja vuodenajan mukaan,
- liikkujien tyytyväisyys oleskelun mahdollisuuteen sekä
- erikoistapahtumien kuten konserttien ja markkinoiden vaikutus jalankulkuliikenteeseen.

Vahvistuva jakamistalous

Liikenteen jakamistalous on vuosi vuodelta suosittumpaa ja tulee vahvistumaan myös tulevaisuudessa. Liikenteen jakamistaloudella viitataan erilaisiin yhteiskäyttöisiin kulkuneuvoihin perustuvaan liikkumiseen. Esimerkiksi yhteiskäyttöpyörien tapauksessa tarvitaan tietoa siitä, missä pyörät liikkuvat ja mikä on niiden saatavuus kullakin asemalla. Samalla saadaan arvokasta tietoa vaikkapa matkailijoiden tyypillisimmistä pyöräilyreiteistä ja kiinnostuksen kohteista.

Kokonaisvaltaiset liikkumispalvelut

Kokonaisvaltaisten liikkumispalveluiden kehittyminen on yksi keskeisimmistä liikenteen kehityskohteista. Liikkumiseen palveluina viitataan usein termillä MaaS, *Mobility as a Service*. Tällä tarkoitetaan palvelukokonaisuutta, jolla liikkuminen pyritään tekemään liikkujalle mahdollisimman saumattomaksi kokonaisuudeksi. Erilaiset liikenne- muodot toimivat saumattomasti yhdessä, jolloin pienistä matkoista koostuva matkakokonaisuuden suunnittelu ja eri kulkumuodoista koostuva matkakettujen yhdistely siirretään mahdollisimman tehokkaasti liikkujalta liikkumispalvelun tarjoajalle. (Liikennevirasto 2017). Vaismaa (2017) mainitsi, että tulevaisuudessa palvelukokonaisuuksissa liikennepalvelut yhdistyvät myös muiden alojen palveluihin. Esimerkiksi samalla soveluksella voisi varata lentoliput Rovaniemelle, porosafarin ja liput joulupuistoon. Tällaisen, monia eri sektoreita yhdistävän, palvelukokonaisuuden rakentaminen vaatii pääsyä erilaisiin liikennetietoihin, joka käytännössä voitaisiin toteuttaa avoimella liikennedatan tietopankilla.

Tiedon avoin rajapinta

Kerätylle liikennetiedolle kehitetään avoimia rajapintoja, jota kaikki voivat käyttää. Haastatellut asiantuntijat olivat yhtä mieltä siitä, että avoin valtakunnallinen tai seudullinen tietopankki on tarpeellinen ja he uskoivat tällaisen rajapinnan kehittyvän ennemmin tai myöhemmin. Esimerkiksi Tampereen kaupunki toteuttaa jo nyt strategiaa, jonka ajatuksena on viedä kaikki kaupungin mittauksissa ja tutkimuksissa tuotettu tieto avoimeen rajapintaan, missä se on kaikkien hyödynnettävissä (Seimelä T 2017). Vaikka avoimen rajapinnan kaltaisen tietopankin toteuttaminen ja ylläpito vaativat resursseja,

olivat haastateltavat asiantuntijat yhtä mieltä siitä, että tällaiset tietopankit ovat usein investointien arvoisia ja yleistyvät lähitulevaisuudessa. Useimmat haastateltavat näkivät avoimen rajapinnan olevan melkein pä edellytys uusille, liikenteeseen liittyville innovaatioille.

4.3 Jalankulun ja pyöräilyn keskeisiä tunnuslukuja

Liikennetiedon käyttökohteiden ollessa monipuolisia on selvää, että myös liikenteestä kerättävän tiedon täytyy olla monimuotoista käyttökohteestaan riippuen. Näin ollen ei ole mielekästä määritellä tiettyä tunnuslukuryhmää, jota jalankulun- ja pyöräilyn tutkimisessa tulisi poikkeuksetta käyttää. Aiheeseen on tarttunut esimerkiksi Daniel Findley *Traffic Engineering Handbook* teokseen kirjoittamassaan luvussa, jossa hän kuvailee liikenteen tunnuslukujen riippuvan liikennetutkimuksen tavoitteista. Vasta kun tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset ovat selkeitä, voidaan määritellä kysymyksiin sopivat tunnusluvut, joita lähdetään tutkimaan. (Findley 2016). Esimerkiksi keskustan jalankulun houkuttelevuuden selvittämiseksi ei ole mielekästä käyttää pyöräparkkien määrästä kertovaa mittaria. Sen sijaan valitaan tiedontarpeeseen sopivia tunnuslukuja vaikkapa jalankulkijoiden, istuinpaikkojen tai tyhjien liiketilojen määrästä.

Esimerkkejä erilaisista tunnuslukujoukoista löytyy kirjallisuudesta ja toteutetuista liikennetutkimuksista monia. Kattavan mittariston jalankulun ja pyöräilyn erilaisiin tiedonkeruutarpeisiin ovat kehittäneet esimerkiksi Rantala ja Luukkonen (2014) kävelyn ja pyöräilyn seurannan ohjeessaan. He ovat jakaneet kuntien kävelyn, pyöräilyn ja oleskelun seurantaa koskevat tietotarpeet neljään kategoriaan: panos, tuotos, tulos ja seuraus. Panoksella he tarkoittavat liikenteeseen liittyviä taustatekijöitä kuten kunnan omia resursseja, strategioita, toimintatapoja, toiminnan seuraamista ja tutkimusta, koulutusta sekä yhteistyötä. Tuotoksella Rantala ja Luukkonen viittaavat infrastruktuuriin, maankäyttöön ja matkaketjuihin. Tulos puolestaan kuvastaa ihmisten liikkumiskäyttäytymistä, liikennemääriä, liikkumisympäristön laatua, turvallisuutta sekä liikkujien tyytyväisyyttä. Seuraus-kategoriassa mitataan liikenteestä saatavia taloudellisia, ympäristöllisiä, sosiaalisia ja terveydellisiä vaikutuksia. Rantalan ja Luukkosen mukaan liikennetutkimuksia suunnitellessa esitetystä mittaristosta valitaan käytettävät tunnusluvut sekä niiden lukumäärä kunnan resurssien ja mielenkiinnon mukaan.

Vitikka et al. (2003) ovat puolestaan koonneet jalankulku- ja pyöräliikenteeseen liittyviä tietotarpeita haastatteleamalla eri organisaatioissa työskenteleviä jalankulku- ja pyöräliikenteen asiantuntijoita. Vitikka et al. tunnistamat tietotarpeet kuvaavat jalankulku- ja pyöräliikenteen määrää, kulkutapaosuuksia, vaihtelutekijöitä, väylien sijoittumista ja määrää sekä onnettomuuksia ja pyöräilykypärän käyttöä. Lisäksi Vitikka et al. huomioivat potentiaaliin jalankulku- ja pyöräliikenteen käyttäjiin liittyvät tietotarpeet, joita ovat muun muassa maankäyttötyyppikohtaiset sekä toimintokohtaiset matkatuotokset.

Kävelyn kannalta oleellisia tunnuslukuja on käsitelty, vaikkakin hieman pelkistetysti, myös Eady et al. (2013) laatimassa australialaisessa kävelyn seurannan oppaassa. He esittävät jalankulkijoihin liittyvien tärkeimpien mittareiden kuvaavan liikkujien väestötieteellisiä tietoja, kävelijöiden määrää, aktiviteetteja, liikkumisen ajankohtaa, liikkumisen paikkaa sekä liikkujien mielipidettä jalankulkuympäristöstä.

Jalankulun ja pyöräilyn mittaamiseen soveltuvia tunnuslukuja tiedusteltiin myös haastattelututkimuksessa. Kaikki asiantuntijoista painottivat jalankulku- ja pyöräliikenteen tutkimuksen erottelun tärkeyttä, jolloin tunnuslukuja tulisi pohtia kävelylle ja pyöräilylle erikseen, ei yhteisesti. Haastatteluissa esiin nousivat seuraavat liikennettä kuvaavat mittarit:

- väyläkohtainen jalankulku- ja pyöräliikenteen määrä (aamun ja iltapäivän huipputuntilukemat, ostosliikenteelle iltapäivän huipputuntilukemat),
- liikennemäärien tunti- ja kausivaihtelu,
- lähtöpaikka-määränpäätiedot,
- käyttäjäryhmät,
- kulkutarkoitus,
- säätilat,
- väylän kunto ja kunnossapito,
- liikkujien mielipiteet ja asenteet,
- käyttäjä-/asukastyytyväisyys,
- onnettomuusmäärät ja -tyypit sekä
- pyöräpysäköinnin saatavuus ja käyttöaste.

Vaikka valmiita jalankulku- ja pyöräliikennettä kuvaavia mittaristoja on useita, koettiin tämän työn ohessa tarpeelliseksi kerätä edellä mainittuja lähteitä sekä haastattelututkimuksen tuloksia soveltaen jalankulku- ja pyöräliikenteeseen vaikuttavista tekijöistä koostuva tunnuslukujoukko. Tämä on kuvattu liitteessä E esitetyssä ajatuskartassa. Ajatuskartassa on havainnollistettu eri tietotarpeiden välistä yhteyttä, joka korostaa liikennejärjestelmän ja siihen vaikuttavien tekijöiden monimuotoisuutta.

Tunnuslukujoukon keräämisessä pyrittiin huomioimaan mittariston luomisen kannalta oleelliseksi aiemmissa luvuissa todetut tekijät. Tunnusluvut luotiin niin, että kävelylle ja pyöräilylle on omia tunnuslukuja. Kävelyn kannalta huomioitiin kuvassa 1 esitetyt kävelyn valintaan merkittävimmin vaikuttavat tekijät: matkan pituus, kävelyn sujuvuus, kävelyn turvallisuus, ympäristön viihtyisyys sekä sade ja lämpötila. Pyöräilyn osalta pyrittiin huomioimaan kuvassa 2 esitetyt pyöräilyn valintaan merkittävimmin vaikuttavat tekijät: matkan pituus, verkon ja väylien suunnittelu, kunnossapito, asenteet ja tottumukset sekä sade, sade-ennuste ja lämpötila.

Rantala ja Luukkosen (2014), Eady et al. (2014) ja Vitikka et al. (2003) selvitysten lisäksi tunnuslukujoukon luomisessa käytettiin tukena Katja Hyökin selvitystä liikennejärjestelmän kehitystyöprosessin tietotarpeista (2006) sekä diplomityötä varten suoritettuja asiantuntijahaastatteluja. Lopullinen tunnuslukujoukko on esitetty yhteenvetomai-

sesti alla olevassa taulukossa 1, missä sinisellä viitataan vain kävelijöitä ja punaisella vain pyöräilijöitä koskeviin tunnuslukuihin. Oranssilla värillä on merkitty ne tunnusluvut, joilla mitataan muihin kuin jalankulkuun tai pyöräilyyn liittyviä suureita, mutta jotka selittävät kävelyä ja pyöräilyä sekä niihin liittyviä valintoja.

Taulukko 1. *Jalankulku- ja pyöräliikenteeseen liittyviä tunnuslukuja. Pääosin tunnusluvut koskevat niin kävelijöitä kuin pyöräilijöitäkin. Sininen merkintä viittaa jalankulkuun, punainen pyöräilyyn ja oranssi muihin kulkumuotoihin.*

Luokka	Tutkittava tekijä	Mitattava suure
Tiedot liikkujista	Ikä	Ikäryhmä
	Sukupuoli	Nainen / mies / muu sukupuoli*
	Asuinpaikka	Asuinkunta, -kaupunki ja/tai -alue
	Työ-/koulupaikka	Kunta, kaupunki ja/tai alue
Reitit	Lähtöpaikka ja määränpää	Lähtöpaikan ja määränpään kunta, kaupunki, alue ja /tai osoite
	Kulkureitti (myös ns. kinttupolut)	Kulkureitti koko matkasta tai osasta matkaa
	Oleskelun ajankohta	Päivän, viikon, kuukauden tai vuodenaika
	Oleskelun sijainti	Alue tai osoite, jossa oleskelu tapahtuu
Liikennemäärät	Liikkujakohtainen matkasuorite (km/hlö/vrk)	Matkan pituus, km
		Matkaluku, matkaa/hlö/vrk
	Lyhyiden automattojen määrä	1-3 km pituiset automatkat
	Väyläkohtainen liikennemäärä	Kesän/talven keskimääräinen vuorokausiliikenne
		Koko vuoden keskimääräinen vuorokausiliikenne
Kulikutapaosuudet	Jalankulku- ja pyöräliikenteen kulkutapaosuudet	Huipputuntiliikenne
		Osuus liikennesuoritteesta (hlökm/vrk)
		Osuus matkoista (matkaa/vrk)
Matkan tarkoitus	Matkaryhmä	Kulkumuotojen solmukohdat
		Työmatka / koulumatka / ostosmatka / vapaa-ajan matka / asiointimatka / jne.
Sujuvuus	Matkanopeus (km/h)	Matka-aika (h)
		Matkan pituus (km)
Liikkujien kokemukset ja arvotukset	Koetut puutteet ja hyvät käytännöt,	% liikkujista kokee olonsa turvalliseksi; % liikkujista kokee liikennejärjestelyt selkeiksi; % liikkujista kokee liikkumisen sujuvaksi; % liikkujista tyytyväisiä talvikunnossapitoon; % liikkujista tyytyväisiä väylien laatutasoon; % liikkujista tyytyväisiä pyöräpysäköintiin; % liikkujista tyytyväisiä oleskelun tarjontaan; % liikuntaesteisistä liikkujista tyytyväisiä liikkumismahdollisuuksiinsa
	JK ja PP - liikenteeseen koh-	% liikkujista haluisi pyöräillä/kävellä enemmän; henkilökohtaiset syyt ja esteet kävellä/pyöräillä, %

	distuvat asenteet	osuudet eri toimenpiteille, jotka saisivat kävelemään/ pyöräilemään/ oleskelemaan enemmän; %-osuudet eri tekijöille, jotka saisivat autoilijan vaihtamaan pyörään/kävelyyn lyhyillä matkoilla
Vaihtelukertoimet	Aika	Tarkka päivän-, viikon- ja vuodenaika, milloin tiedonkeruu tapahtuu
	Sää	Tiedonkeruuajankohdan lämpötila, sademäärä ja aamun sade-ennuste
Infrastruktuuri	Väyläverkko	Km väylää / tyyppi
		Laatureittien määrä ja osuudet
		% reiteistä kuuluu parhaaseen talvihoitoluokkaan
	Turvallisuus	Liikenneonnettomuudet / asukasluku
		Vakavasti loukkaantuneiden lukumäärä / vuosi
		Tapahtumapaikat onnettomuustyypeittäin
	Pysäköinti	Pyöräpysäköinnin määrä ja osuus tyypeittäin
		Pyöräpysäköinnin käyttöaste (%)
		Osuus joukkoliikennepysäkeistä, joissa runkolukitsemisen mahdollistava pyöräpysäköinti
		Autopysäköinnin määrä ja osuus tyypeittäin
		Pysäköinnin maksullisuus
		% kaupunkiin johtavien väylien varsilla olevista joukkoliikennepysäkeistä, joissa liityntäpysäköinti
	Esteettömyys	% liikennevaloista soveltuu näkövammaisille
		% liittymistä, jotka soveltuvat liikuntarajoitteisille
		% joukkoliikennevälineistä ja -pysäkeistä, jotka soveltuvat pyörätuoleille
	Oleskelun mahdollisuus	Istuinmahdollisuudet keskustassa (lkm / km ² / tyyppi
		Tapahtumien lukumäärä (tapahtumaa / alue / kk)
Ajoneuvojen saatavuus	Autonomistus	% asukkaista / ruokakunnista, jotka omistavat auton
		% asukkaista, joilla auto on käytössä
Maankäyttö	Maankäytön tiiviys	% asukkaista asuu 1, 3 ja 5 km etäisyydellä keskustasta
	Kävelyetäisyydellä sijaitsevat palvelut	%,lla asukkaista lähikauppa, viheralueita, kahvila/ravintola, lähiliikuntapaikka, joukkoliikennepysäkki, koulu kävelyetäisyydellä

* Yleensä sukupuolta koskeva muuttuja laaditaan kyselyihin dikotomiseksi, eli se voi saada vain kaksi arvoa. Tällöin sukupuolen vaihtoehtoina on vain nainen tai mies. (KvantiMOTV 2007).

5. LIIKENNETIEDON TUOTTAMINEN

Viidennen ja kuudennen luvun päämääränä on kartoittaa käytössä olevia jalankulku- ja pyöräliikenteen tiedonkeruumenetelmiä. Käsiteltävä tutkimuskysymys on: *Millaisia jalankulku- ja pyöräliikenteen tiedonkeruumenetelmiä on käytössä sekä millaisia uusia menetelmiä on tutkittu?* Viidennessä luvussa tutkimuskysymystä käsitellään tarkastelemalla eri liikennetutkimustyyppisiä: liikennelaskenta, havainnointitutkimus sekä kysely- ja liikkumistutkimus. Tässä työssä erityiseksi mielenkiinnonkohteeksi liikennetutkimuksen muodoista on rajattu liikennelaskenta. Liikennelaskennan eri menetelmiin syvennytään tarkemmin luvussa 6.

5.1 Liikennetutkimuksen muodot

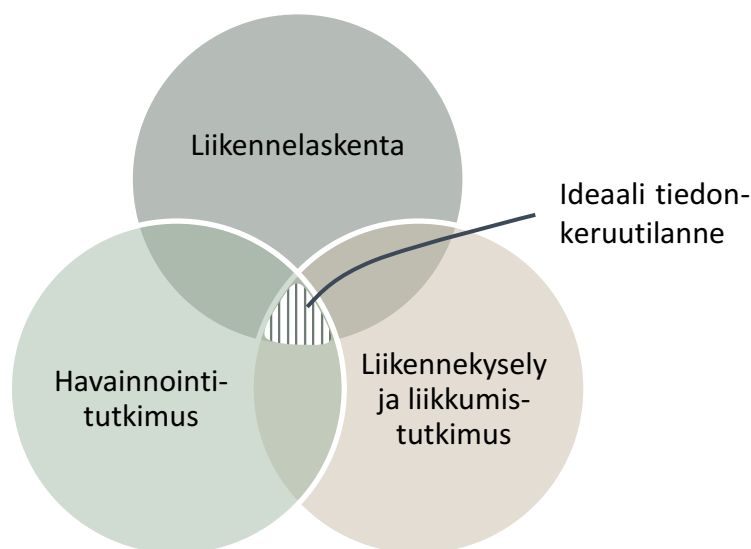
Jalankulku- ja pyöräliikenteeseen liittyvien tunnuslukujen tutkiminen eli liikennetiedon tuottaminen ei ole aivan yksinkertaista eivätkä liikennetiedon keruuseen käytettävät menetelmät ole täysin vakiintuneita. Tämä käy ilmi muun muassa Hanna-Mari Majjalan (2011) tekemästä kuntien pyöräilyolosuhteisiin liittyvästä selvityksestä. Selvityksen mukaan vain viidesosa kaikista kyselyyn osallistuneista kunnista seurasi pyöräilyn määrää. Kulkumuotojakaumat olivat tiedossa neljäsosassa kunnista. Puolet kunnista keräsi tietoja käsin pistelaskentana, noin viidesosa koneellisesti pistelaskentana, reilu viidesosa laajempien liikennetutkimusten yhteydessä ja 35 % muulla tavalla, esimerkiksi pyöräilykampanjojen aikana. Yksi kunta ilmoitti seuraavansa pyöräilyn määrää tieliikennelauttojen tilastoista. Kirjavat vastaukset ja erityisesti ”muulla tavalla” tehtävien pyöräilyseurantojen määrä viittaavat siihen, ettei tiedonkeruu kuntien välillä ollut selvityksen aikaan yhtenäistä eikä näin ollen juurikaan vertailukelpoista keskenään.

Koska liikennetutkimusten käyttökohteet ovat monipuolisia, on tutkimusmenetelmän valinnassa oleellista pohtia haluttavan tiedon luonnetta. Tietotarve voi kohdistua lähes pistemäiseen tietoon, esimerkiksi tietämykseen hankekohteen jalankulun ja pyöräilyn määristä suunnittelun ja päätöksenteon tueksi. Toisaalta kiinnostuksen kohde voi olla myös laaja, vaikkapa koko kunnan asukkaiden liikkumistottumukset, jota halutaan hyödyntää liikennemallien tuottamisessa ja ennusteiden laadinnassa. (Vesajoki 2017).

Henkilöliikenteeseen kohdistuvat tutkimusmenetelmät on perinteisesti jaoteltu kolmeen kategoriaan: 1) liikennelaskennat, 2) kysely- ja liikkumistutkimus sekä 3) havainnointitutkimukset (Schneider et al. 2005). Kyseiset tutkimusmenetelmät esitellään lyhyesti seuraavissa alaluvuissa. Kaikki liikennetutkimukset eivät kuitenkaan lukeudu selkeästi vain yhteen yllä esitettyyn luokkaan. Kattavimmissa liikennetutkimuksissa käytetään

hyväksi kaikkia tutkimuksen muotoja, kun taas kapeimmissa tutkimuksissa saatetaan keskittyä vain yhteen kategoriaan. Kuvassa 4 on havainnollistettu liikennetutkimuksen muotojen suhdetta Venn-diagrammin avulla. Liikennetutkimuksellisesta näkökulmasta ideaalitilanteeseen päästään kaikkien diagrammin osa-alueiden limittyessä eli kun liikennetietoa saadaan monipuolisesti erilaisista lähteistä.

On myös aiheellista huomioda, että raja kahden erilaisen liikennetutkimustyyppin välillä on häilyvä: havainnointitutkimus voi tuottaa laskentadataa ja laskentatutkimus havainnointidataa. Tämän työn rajallisuuden vuoksi erityishuomio kiinnitetään liikenteen laskentamääriä tuottaviin tutkimusmenetelmiin, joihin viitataan liikennelaskenta-termillä. Samalla halutaan kuitenkin painottaa, että tutkittavilla liikennelaskennan menetelmillä olisi toivottavaa saada liikenteen määrää kuvaavien tekijöiden lisäksi dataa, jolla voitaisiin tutkia muitakin kuin määrätietoa tuottavia tunnuslukuja. Liikennelaskentamenetelmiä on kehitetty viime vuosina niin, että niiden avulla kyetään tuottamaan tietoa myös pelkän laskentadatan ulkopuolelta ja tutkimaan esimerkiksi liikenteen spatiaalista ja ajallista jakautumista sekä ihmisten käyttäytymistä liikenneympäristössä.



Kuva 4. Liikennetiedonkeruun tulisi ideaalitilanteessa hyödyntää kaikkia perinteisiä liikennetutkimuksen muotoja.

5.2 Liikennelaskennat

Yksinkertaisimmillaan liikennelaskenta on liikenteessä olevien ajoneuvojen tai liikkujien määrän laskemista tietyllä alueella tai poikkileikkauksella. Perinteisesti liikennelaskentoja on suoritettu lähinnä moottoriajoneuvoille, eikä jalankulku- ja pyöräliikenteeseen liittyvä tiedonkeruu ole ollut viime vuosiin asti kovinkaan järjestelmällistä. Esimerkiksi vuonna 2011 Maijala toteutti kunnille kyselyn, jonka tulosten mukaan vain 25 % suomalaisesta kunnasta suoritti systemaattista pyöräilyn laskentaa. Systemaattisen seurantatiedon puuttuminen tai vertailukelvottomat liikennelaskentatiedot vaikeuttavat

jalankulku- ja pyöräliikenneverkkojen suunnittelua sekä hankaloittavat kehittämiseen liittyvää rahoitustarpeen perustelemista (Vitikka et al. 2003). Lisäksi eroavaisuudet kaupunkien ja kuntien tekemissä tiedonkeruuperiaatteissa hankaloittavat jalankulku- ja pyöräliikenteen alueellisia vertailuja sekä hyvien toimintatapoja tunnistamista ja jakamista kaupunkien sekä kuntien kesken (Lahtinen 2017).

Viime vuosina kävelyn ja pyöräilyn laskentatiedon keruun tärkeys on kuitenkin tiedostettu yhä useammassa kaupungissa ja kunnassa. Diplomityön yhteydessä suoritettussa suurimmille kunnille osoitetussa kyselyssä 14/17 vastaajasta (82 %) suoritti jatkuvaa tai systemaattista otoslaskentaa jalankululle ja/tai pyöräilylle. Lisäksi useampi vastaaja ilmoitti jatkuvan laskentatiedonkeruun mahdollistavien laitteiden olevan hankinnassa tai vähintäänkin harkinnassa. Selvitykseen liittyvät vastaukset on esitetty tarkemmin liitteessä C. Diplomityötä varten tehdyn selvityksen tulokset eivät ole täysin verrattavissa Majalan vuonna 2011 tekemään selvitykseen, sillä osallistuneiden kuntien määrä ja kokuokka olivat selvityksissä hyvin erilaiset. Majalan selvityksen otoskoko oli 326 kuntaa ja vastaajia oli 138 kunnasta. Vaikka diplomityötä varten tehdyn kyselyn tulokset voidaan osin kyseenalaistaa pienestä otoskoosta johtuvan mahdollisen otosvirheen vuoksi, antaa kyselyn tulokset silti viitteitä siitä, että entistä useammat kunnat ovat ryhtyneet viime vuosina panostamaan kävelyn ja pyöräilyn laskentoihin.

Liikennelaskentojen suorittamiseen liittyvää tietoa ja ohjeistusta on tuotettu ahkerasti niin Suomessa kuin ulkomailla. Suomessa esimerkkijulkaisuja ovat *Kevyen liikenteen laskentojen kehittäminen* (Vitikka et al. 2003; Saastamoinen et al. 2005), *Pyöräilyn ja kävelyn laskennat: ohjeita käytännön työhön* (Luukkonen 2011) sekä *Pyöräilyn ja kävelyn laskennat: suunnitelma valtakunnallisesta tietojen keruusta* (Lindholm et al. 2014). Lisäksi useat ulkomaiset kunnat ja kaupungit, valtiolliset organisaatiot ja voittoa tavoittelemattomat järjestöt ovat julkaisseet omia kävelyn ja pyöräilyn laskentaohjeitaan. Näistä vain muutamana esimerkkinä yhdysvaltalaisen National Research Councilin julkaisema *Monitoring Cyclists and Pedestrians* (Griffin et al. 2014) sekä australialaisen Victoria Walks Inc. -järjestön *Measuring walking – a guide for councils* (Eady et al. 2013).

Jalankulun ja pyöräilyn laskentoja voidaan suorittaa monin tavoin ja sopivan laskentamenetelmän valintaan vaikuttaa, minkälaista tietoa laskennasta halutaan. Griffin et al. (2014) esittävät liikennelaskentoja suunnitellessa pohdittavaksi, onko liikenteen muuttujaa oleellista tarkastella ajan vai paikan suhteen. Toisin sanoen, kiinnostaako tutkimuksessa muuttujan ajallinen vai paikkaa koskeva eli spatiaalinen vaihtelevuus? Ajallinen vaihtelevuus ilmentää, miten tutkittava muuttuja vaihtelee samassa paikassa eri ajankohdina, esimerkiksi ruuhka-aika verrattuna yöaikaan. Ajallisen vaihtelevuuden tutkimiseen sopivat jatkuvat tai säännölliset laskennat. Näiden laskentojen avulla tutkitaan esimerkiksi jalankulun tai pyöräilyn määrien kehitystä valitulla alueella ja tuloksista voidaan tapauskohtaisesti määritellä myös kausivaihtelu- ja laajennuskertoimet (Vitikka et al. 2003, s. 59).

Liikenteen spatiaalinen vaihtelevuus selittää puolestaan sitä, miten liikenne vaihtelee eri paikoissa samalla ajankohdalla, esimerkiksi kaupallisella alueella verrattuna asuinalueeseen. Griffin et al. (2014) mukaan spatiaalisen vaihtelevuuden selvittämiseksi vaaditaan, ainakin teoriassa, laskentoja niin monessa paikassa kuin mahdollista. Perinteisesti laskentapisteiden määrän noustessa on usein jouduttu kuitenkin tinkimään laskentojen kestosta. Lyhyitä, yleensä muutaman tunnin kestäviä laskentoja kutsutaan otoslaskennoiksi (Vitikka et al. 2003, s. 60). Otolaskennassa on huomioitava esimerkiksi sääolosuhteet, jotka voivat vaikuttaa siten, ettei yhdellä otoshetkellä saatu laskentatulosta edusta alueen todellisia liikennemääriä ja -jakaumia.

5.3 Kysely- ja liikkumistutkimus

Liikennekysely voi käsittää laaja-alaisesti kaikenlaisen kyselytutkimuksella toteutetun tiedonkeruun esimerkiksi kadunvarsihaastattelusta aina valtakunnallisiin kyselytutkimuksiin. Kyselytutkimuksilla kartutetaan tietoutta muun muassa ihmisten asenteista, liikkumisen taustoista sekä tuotetaan yleiskuvamaista tietoa liikenteestä.

Laaja-alaisin liikennekyselytutkimus on valtakunnallinen henkilöliikennetutkimus. Henkilöliikennetutkimus suoritetaan tyypillisesti päiväkirjatutkimuksella, erilaisin haastattelukeinoin ja enenemissä määrin myös esimerkiksi GPS-jäljitinlaitteita hyödyntäen kuten useissa henkilöliikennetutkimuksen toteutuksissa mukana ollut Virpi Pastinen (2017) kertoo paikannusmenetelmän käyttöä koskevassa selvityksessään. Laajuutensa ja suurten kustannusten vuoksi henkilöliikennetutkimuksia ei suoriteta kovin usein, vaan yleensä tutkimus toteutetaan useiden vuosien pituisella syklillä. Tutkimuksia voidaan suorittaa myös epäsäännöllisesti eli kun tarve tutkimukselle tunnistetaan. Valtakunnallinen henkilöliikennetutkimus (HLT) toteutetaan 6 vuoden välein (Liikennevirasto). Valtakunnallisen henkilöliikennetutkimuksen tavoitteena on saada tietoa esimerkiksi siitä, mitkä tekijät vaikuttavat kulkumuodon valintaan tai minkälaisista matkoista alueen liikenne koostuu (Pastinen 2017). Tuloksista johdetaan myös liikenteen vaihtelukertoimia (Vitikka et al. 2003).

Alueellisia henkilöliikennetutkimuksia suoritetaan tarpeen vaatiessa mutta käytännössä niiden toteuttaminen rajoittuu vain suurimmille kaupunkialueille. Rovaniemellä henkilöliikennetutkimuksia on tehty harvakseltaan, viimeisin vuonna 2012 ja sitä edellinen 1990-luvun alussa (Ramboll 2013). Henkilöliikennetutkimusten toteutuksen aikaväli on Rovaniemellä siis ollut noin 20 vuotta ja on oletettavaa, että tietoa tarvittaisiin useammin.

Liikkumistutkimukset ovat usein kalliita ja erityisesti pienten kuntien resurssit eivät kattavien tutkimusten toteuttamiseen välttämättä riitä. Tällöin käyttöön voidaan ottaa erityisesti pienten ja keskisuurten kuntien apuvälineeksi suunniteltu kevennetty liikkumiskysely. (Rantala & Luukkonen 2014, s. 28). Liikennevirasto on koonnut suosituksen kevennettyjen liikennekyselyjen laatimiseksi (Kivari et al. 2014). Ohjeessa todetaan

pieniotoksisellakin kyselyllä olevan tärkeä vuorovaikutuksellinen rooli, jonka kautta saadaan apua kävelyn ja pyöräilyn suunnittelulle sekä markkinoinnille.

5.4 Havainnointitutkimukset

Liikennelaskentojen ja henkilöliikennetutkimusten lisäksi jalankulku- ja pyöräliikenteelle voidaan suorittaa havainnointitutkimuksia, joita hyödynnetään erityisesti liikkujien ominaisuuksien ja käyttäytymisen, sekä tietyn liikennealueen turvallisuusominaisuuksien tutkimiseen (Schneider et al. 2005). Havainnointitutkimuksia suoritetaan vieraillemalla fyysisesti tutkimusalueella tai hyödyntämällä erilaisia video- ja kuvatekniikoita kuten ilmakuvia (Rantala & Luukkonen 2014). Rantala ja Luukkonen (2014) kuitenkin huomauttavat, että havainnointitutkimukset ovat ajaltaan rajallisia eikä lyhytaikainen havainnointi anna perusteellista kokonaiskuvaa alueen tilasta.

Eräs tärkeä havainnointitutkimuksen sovellutus jalankulun osalta on oleskelun tutkimus. Asiantuntijahaastattelussa useat asiantuntijat painottivat oleskelun tutkimisen tärkeyttä erityisesti kaupungin ydinkeskustoissa. Timo Seimelä (2017) mukaan keskustan alueella oleellisin tieto ei ole niinkään se, kuinka paljon katujen poikkileikkauksella kulkee ihmisiä, vaan miten ihmiset ylipäättään viihtyvät keskustan eri alueilla. Näiden avulla voidaan tulkita keskustan viihtyvyyttä, tutkia esimerkiksi tapahtumatarpeita sekä markkinoida kaupungin eri alueiden liike-elämäpotentiaalia kaupallisille toimijoille. Lisäksi oleskelijoiden määrä on oleellinen tieto myös liikennesuunnittelussa. Pahimmillaan oleskelijoiden tilantarpeen huomioimisen laiminlyönti voi pilata muuten hyvän kadun uudistuksen (Rantala & Luukkonen 2014, s. 11). Lahtinen (2017) kuvaili haastattelussa, että juuri oleskelun tutkiminen jää erityisesti pienemmissä kaupungeissa liian vähälle, eikä oleskelun tutkimisen antamaa lisäarvoa välttämättä nähdä.

6. LASKENTAMENETELMÄT

Luvussa 6 syvennyttään jalankulku- ja pyöräliikenteen erilaisiin laskentamenetelmiin. Aluksi kuvaillaan laskentamenetelmien arvioinnin avuksi kehitelty kriteeristö. Tämän jälkeen suosituimmat liikennelaskentamenetelmät esitellään mainittujen kriteerien kannalta. Työssä käsiteltävät laskentamenetelmät on selkeyden vuoksi jaoteltu neljään kategoriaan: käsinlaskentamenetelmät, konelaskentamenetelmät, paikannukseen perustuvat menetelmät ja muut menetelmät.

6.1 Laskentamenetelmien hyvyyden määrittely

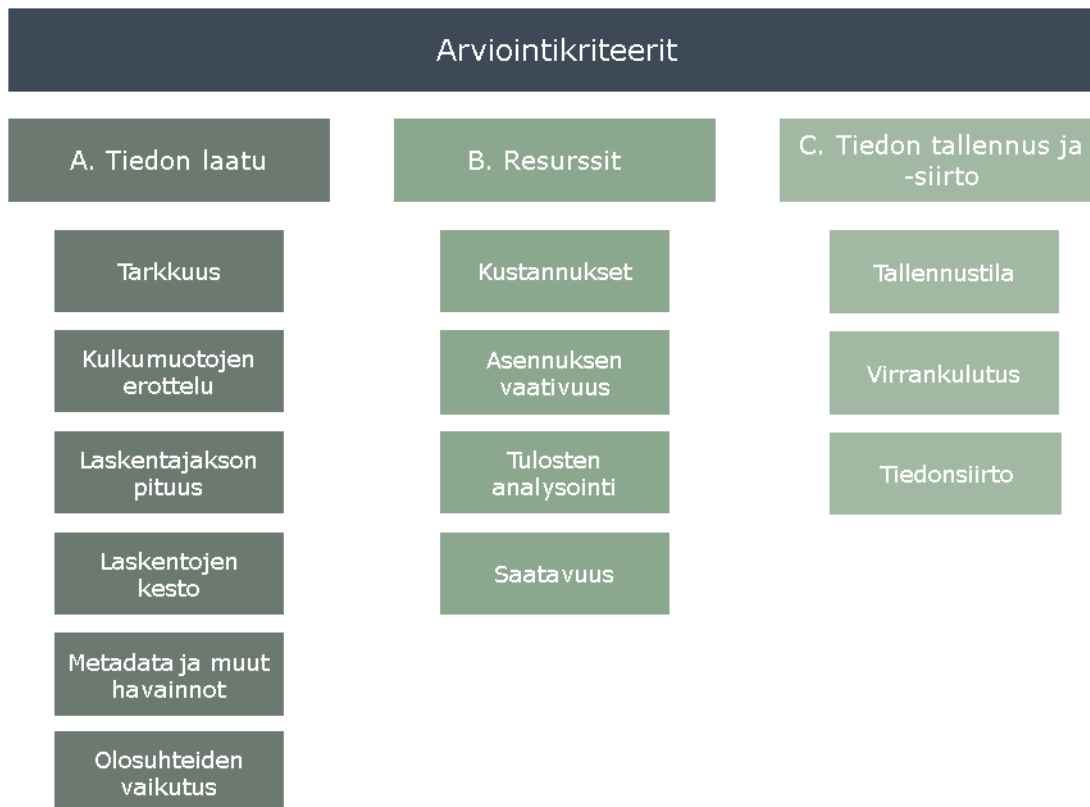
Liikennelaskentamenetelmän hyvyyden yleispätevä määrittely on hyvin vaikeaa. Menetelmällä saatavien tulosten tarkkuus ja oikeellisuus ovat keskeisiä mutta eivät aina välttämättä tärkeimpiä tekijöitä. Oleellista on arvioida kokonaisuutta, johon kuuluvat laskentatarkkuuden lisäksi muun muassa menetelmän hankintaan, toteutukseen sekä ylläpitoon liittyvät resurssivaatimukset sekä tuotetun datan varastointi, siirtäminen sekä analysointi. Vaatimukset kullekin osa-alueelle vaihtelevat suuresti tarpeen mukaan; menetelmä, joka tuottaa tarpeeksi tarkkaa dataa esimerkiksi liittymäkohtaisessa laskennassa voi olla aivan liian tarkka menetelmä määräpaikkatutkimukseen.

Ryus et al. (2014, s. 62 – 64) ehdottavat liikennelaskentamenetelmien arviointiin seuraavia kriteerejä:

- hinta (*cost*),
- kulkumuoto (*user type*),
- siirrettävyys (*mobility*),
- asennuksen helppous (*ease of installation*),
- tallennustila (*storage capacity*),
- virrankulutus (*battery life*),
- tarkkuus (*accuracy*),
- laskentajakso (*count interval*),
- kerätty metadata (*metadata recorded*) ja
- tiedonsiirto (*data extraction*).

Shawn Turner ja Philip Lasley (2013, s. 10) puolestaan ehdottavat kerätyn liikennetiedon laadulle kuutta mittaria: tarkkuus (*accuracy*), kelpoisuus (*validity*), täydellisyys (*completeness*), ajantasaisuus (*timeliness*), kattavuus (*coverage*) sekä käytettävyys (*accessibility*).

Yhdistelemällä näitä kahta kriteerijoukkoa muodostettiin kolmentoista mittarin ryhmä, joiden avulla erilaisia laskentamenetelmiä arvioidaan niiden tuottaman tiedon laadun, vaadittavien resurssien sekä tiedon tallennuksen ja -siirron suhteen kuten kuvassa 5 on esitetty. Arviointikriteerit esitellään tarkemmin seuraavissa alaluvuissa.



Kuva 5. Laskentamenetelmän arviointiin käytettävät kriteerit kuvaavat tiedon laatua, menetelmään käytettäviä resursseja sekä tiedon tallennusta ja -siirtoa.

6.1.1 Tiedon laatua kuvaavat kriteerit

Tiedon tarkkuus kuvaa kerätyn tiedon virheettömyyttä ja täsmällisyyttä. Erityisesti liikennelaskentaan liittyvissä tutkimuksissa kerätyn tiedon tarkkuutta mitataan tyypillisesti mittaustuloksen hyvyttä kuvaavilla, tilastotieteellisillä tekijöillä: ulkoinen tarkkuus (*accuracy*) ja sisäinen tarkkuus (*precision*). (Yang et al. 2010).

Ulkoinen tarkkuus kuvaa mitatun tuloksen ja varsinaisen, niin sanotun todellisen, arvon välistä eroa eli menetelmän virhettä. Laskentavirhe voi liikennelaskennassa syntyä neljässä tapauksessa (Nordback et al. 2011, s. 45):

- havainto tehdään, vaikka jalankulkija/pyöräilijä ei ole havaintoalueella (ylilaskenta),
- yksi liikkuja lasketaan useammin kuin kerran (ylilaskenta),
- havaintoa ei tehdä, vaikka jalankulkija/pyöräilijä on havaintoalueella (alilaskenta) tai
- useampi kuin yksi liikkuja lasketaan yhdesti (alilaskenta).

Koska todellisen liikennemäärän arvoa on vaikea tietää, käytetään tutkimuksessa tyypillisesti käsinlaskennalla, erityisesti videolta tehdyllä käsinlaskennalla, saatuja tuloksia viitteenä todelliselle liikennemäärälle. Proulx et al. (2016, s. 4 – 5) mukaan tarkkuutta kuvataan usein keskiprosenttivirheen, *APD* (*average percentage deviation*), avulla. Keskiprosenttivirhe on tehtyjen havaintojen prosentuaalisten virheiden laskennallinen keskiarvo ja se voidaan ilmaista muodossa

$$APD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{A_t - M_t}{M_t}, \quad (1)$$

jossa n on havaintojen määrä, A_t on arvioitavalla laskentamenetelmällä saatu laskentatulos määritellyltä ajanjaksolta ja M_t on todellinen liikennemäärä samalta ajanjaksolta. Negatiivinen APD-luku viittaa menetelmän alilaskentaan ja positiivinen osoittaa menetelmän taipuvaisuutta ylilaskentaan.

Toisaalta, summatessa laskentajakson kaikki havainnot yhteen, voi menetelmän yli- ja alilaskentahavainnot kumota toisensa. Esimerkiksi laskennoissa voidaan laskea yksi liikkuja kahdesti mutta jättää myöhemmin yksi liikkuja kokonaan laskematta, jolloin laskentavirhe on läsnä mutta sitä ei nähdä keskiprosenttivirheestä. Tämän takia monissa tutkimuksissa selvitetään myös menetelmän sisäinen tarkkuus, jota kuvataan usein absoluuttisen keskiprosenttivirheen, *AAPD* (*absolute average percentage deviation*), avulla. (Nordback et al. 2011). AAPD-luku ilmaisee virheen määrää yksittäisen liikkujahavainnon tekemisessä ja voidaan ilmaista muodossa

$$AAPD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - M_t}{M_t} \right|. \quad (2)$$

APD ja AAPD -luvut voivat tuottaa hyvinkin erilaisia tuloksia toisiinsa verrattuna. Yleisesti APD-luku on liikennetiedon tuottamisen kannalta oleellisempi, sillä yksittäisen havainnon oikeellisuuden sijaan kiinnostavampaa on kokonaistarkkuus eli kuinka luotettavasti menetelmällä voidaan mitata liikennemäärää tietyllä, esimerkiksi yhden tunnin, ajanjaksolla. (Yang et al. 2010)

Erityisesti paikannukseen perustuvien menetelmien kohdalla tutkimusten tulokset esitetään havainnointiasteen, *PR* (*penetration rate*), avulla. Havainnointiaste ei kuvasta laskentamenetelmän virhettä aivan samaan tapaan kuin APD tai AAPD. Yksinkertaisesti havainnointiaste esittää sitä osaa liikkujista, joka menetelmällä ylipäättään havaitaan. Pieni havainnointiaste ei viittaa automaattisesti siihen, että esimerkiksi laskentalgoritmi tai laskentalaitteisto on huono vaan voi merkitä vaikkapa sitä, ettei suuri osa

liikkujista pidä mukanaan paikannuksen mahdollistavaa laitetta. Havainnointiaste ilmaistaan muodossa

$$PR = \frac{A_t}{M_t} * 100\%. \quad (3)$$

Huonoa laskentatarkkuutta voidaan korjata tapauskohtaisesti korjauskertoimilla. Esimerkiksi yhdeltä linjalta laskevat laitteet ovat taipuvaisia alilaskentaan, kun laskentalinjan ylittää useampi kuin yksi ihminen kerrallaan. Ryus et al. (2014) havaitsivat tutkimuksissaan, että tällaiseen alilaskentaan taipuvaisten laskentamenetelmien havaitsemat liikennemäärät olivat lineaarisia todellisten liikennemäärien suhteen. Näin ollen niiden tuottamat tulokset voitiin korjata yksinkertaisilla korjauskertoimilla.

Kulkumuotojen erottelu viittaa menetelmän kykyyn erotella kulkumuodot toisistaan. Mahdollisuus erotella jalankulkuun ja pyöräilyyn liittyvät havainnot toisistaan on tärkeä kriteeri laskentamenetelmän valinnassa.

Laskentajakson pituus kuvaa sen ajanjakson pituutta, jonka aikana liikkujahavainnot ryhmitellään yhdeksi havaintojoukoksi. Useinkaan ei ole mielekästä rekisteröidä jokaisesta liikkujasta erikseen vaan liikkujatietoja kerätään esimerkiksi 15 minuutin jaksoissa. Laskentajakson pituus on kompromissi vaikeasti käsiteltävän, suuren datajoukon tuottamisen ja ajallisen tarkkuuden menettämisen välillä. Käsinelaskennoissa laskentajakson pituus on tyypillisesti 15 minuutin ja yhden tunnin väliltä. Automaattisissa laskennoissa laskentajakson pituus säädetään tuotteen valmistajan tai käyttäjän toimesta ja laskentajakso on pikemminkin tuote- kuin teknologiakohtainen ominaisuus. (Ryus et al. 2014, s. 64). Näin ollen etenkin automaattisia laskentamenetelmiä ei ole aivan tarkoituksenmukaista vertailla laskentajakson pituuden mukaan. Mielenkiintoisempaa on se, kuinka pitkiä laskentoja voidaan ylipäätään tehdä eli laskentojen kesto.

Laskentojen kesto kuvaa koko laskentatutkimuksen kestoa. Mitä pidemmältä ajanjaksolta laskentoja tehdään, sitä enemmän resursseja laskentoihin vaaditaan. Aivan lyhyitä laskentoja ei kuitenkaan ole mielekästä toteuttaa, sillä kävely ja pyöräily ovat riippuvaisia olosuhteista ja lyhyet otoslaskennat eivät välttämättä tuota tarpeeksi edustavia tuloksia. Olosuhteiden vaikutuksesta kulkumuodon valintaan keskustellaan alaluvuissa 3.1.2 ja 3.2.2.

Tanskan tielaitos, *Vejdirektoratet*, suosittelee, ettei etenkin pyöräilylle tehtäisi lyhyitä laskentoja, sillä kerätyn tiedon kattavuus ja sitä kautta tarkkuus kasvavat laskentajakson pidentyessä. Tanskan tielaitoksen tekemien laskelmien mukaan pyörälaskentatulosten tarkkuus kasvaa järjestelmällisesti laskentajakson pidentyessä kuten nähdään taulukosta 2. Yhden viikon kestävässä pyöräliikennelaskennoissa virhemarginaali on 39 %, 2 viikkoa kestävässä laskennoissa vain 28 % ja 8 viikkoa kestävässä vain 14 %. (Ryus et al. 2014; viitattu *Vejdirektoratet* 2004). Selvästikin laskentojen toteutus pidemmällä ajanjaksolla parantaa laskentojen tarkkuutta ja on siten suositeltavaa.

Taulukko 2. *Pyörälaskentoihin liittyvä virhemarginaali laskennan kokonaiskeston mukaan*

Laskennan kokonaiskesto (viikkoa)	Virhemarginaali, kaikki viikot*	Virhemarginaali, viikot ilman juhlapäiviä*
1	39 %	34 %
2	28 %	24 %
3	23 %	20 %
4	20 %	17 %
5	18 %	15 %
6	16 %	14 %
7	15 %	13 %
8	14 %	12 %

* Luvut viittaavat keskimääräisen vuosiliikenteen virhemarginaaliin luottamustasolla 95 %

Lähde: Ryus et al. (2014); viitattu Vejdirektoratet (2004)

Metadata ja muut havainnot. Metadata määrittelee ja kuvailee liikennelaskennoissa kerättyä määrätiedon ulkopuolista dataa, jonka avulla laskentatietoa voidaan luokitella. Metadataa ovat liikennelaskennoissa muun muassa aikatieto, päivämäärä ja laskenta-ajankohdan säätiedot. Muut havainnot ovat laskentatiedon lisäksi kerättyjä huomioita liikenteestä ja liikenneympäristöstä, esimerkiksi pyöräilykypärän käytöstä.

Olosuhteiden vaikutus tiedon laatuun käy ilmi laskentatarkkuuden vaihteluna ja laskentalaitteistoin kulumisena, joiden yleisimpiä aiheuttajia ovat haastavat sääolosuhteet kuten kylmyys, kuumuus, rankka vesi- tai lumisade ja sumu (Ryus et al. 2014, s. 131). Mittalaitteistot kykenevät harvoin itse havainnoimaan säätietoa, jolloin luotettavien säätietojen kerääminen voi osoittautua hankalaksi. Usein tiedot laskentapisteissä laskenta-aikana vallinneista sääolosuhteista kootaan läheisiltä sääasemilta mutta tällöin haasteena voi olla laskentapisteen ja sääaseman välinen etäisyys. Esimerkiksi Ryus et al. (2014) tutkimuksessa San Franciscon keskustassa suoritettun liikennelaskennan säätiedot kerättiin San Franciscon kansainvälisen lentoaseman sääasemalta. Laskentapisteen ja sääaseman väliin jäi vajaa 20 kilometrin välimatka sekä muun muassa 400 metrin korkeuteen kohoava San Bruno -vuori. Tutkijoiden oli vaikea suorittaa tarkkaa analyysia sään vaikutuksesta laskentatulokseen ja liikennemääriin, sillä lentoasemalta saatuja säätietoja ei voitu pitää luotettavana mittarina laskentapisteessä vallinneille olosuhteille. Ideaalitalanteessa tietoa liikennelaskennan aikana vallitsevista olosuhteista saataisiin kerättyä suoraan laskentapaikalta.

6.1.2 Resursseja kuvaavat kriteerit

Vaadittavat resurssit kuvaavat kaikkea sitä rahaa, aikaa ja osaamista, joka laskentamenetelmään liittyvän laskentahenkilöstön ja/tai laskentalaitteen hankintaan, käyttöönnottoon, käyttöön ja ylläpitoon sekä tiedon analysointiin kuuluu. Mitä tarkempaa, ajantasaisempaa ja kattavampaa tieto on, sitä kalliimmaksi tiedon tuottaminen yleensä tulee. Rahan lisäksi muita vaadittavia resursseja ovat muun muassa aika ja osaaminen. Li-

kennelaskentamenetelmän hyvyyden arviointi onkin tasapainottelua tiedon laadun ja kattavuuden sekä käytössä olevien resurssien välillä.

Kustannukset. Liikennelaskentaan mahdollisesti liittyvät laite- tai laskentahenkilöstökulut ovat investointeja, joiden perusteella menetelmien edullisuutta on helpohko arvioida. Tässä työssä esitetyt menetelmäkohtaiset hinta-arviot on kerätty valmistajilta ja tarvittaessa muista raporteista. Hinta-arvioita tulee pitää suuntaa-antavina, sillä osa saatavilla olevista laitteiden kustannustiedoista on useita vuosia vanhaa, eikä aivan kaikkia kustannustietoja ollut saatavilla. Alkuinvestoinnin lisäksi tulisi ottaa huomioon myös mahdolliseen tekniseen laitteistoon liittyvät asennus-, huolto- ja ylläpitokustannukset (Ryus et al. 2014). Edullinenkin laskentakoke tulee pidemmän päälle kalliiksi, jos se vaatii jatkuvia tarkastus- ja huoltotoimenpiteitä.

Saatavuus on keskeinen tekijä menetelmän toteutettavuutta arvioidessa. Laskentamenetelmää ei voida pitää lupaavana vaihtoehtona, jos siihen liittyvää työvoimaa tai teknologiaa ei ole saatavilla. Saatavuutta arvioidaan tässä työssä sillä, kuinka helposti kyseiseen menetelmään vaadittava työvoima tai teknillinen kokonaisuus on saatavilla kaupallisilta markkinoilta. Hyvällä saatavuudella viitataan niihin menetelmiin, joita on saatavilla kotimaisilla markkinoilla. Menetelmillä, joihin liittyy palvelun tai teknologian tilaamista useammalta eri tuottajalta tai johon liittyvällä tuotteella ei ole Suomessa maahantuoja, katsotaan olevan kohtalainen saatavuus. Suomalainen maahantuoja ei ole edellytys menetelmän hankkimiselle mutta usein maahantuoja auttaa tilanteissa, jossa esimerkiksi laitteiston asennukseen, huoltoon tai palauttamiseen tarvitaan tukea. Huono saatavuus on menetelmillä, jotka eivät ole kaupallisessa tuotannossa tai joita ei ole saatavilla Suomeen edes ulkomailta toimitettuna. Joissain tapauksissa menetelmän kaupallisesta saatavuudesta ei löydy tietoa, jolloin saatavuutta kuvataan sanoilla ”ei tietoa”.

Asennuksen vaativuus viittaa asennukseen käytettävän ajan, osaamisen ja rahallisen panostuksen määrää. Menetelmät, joiden asennus vaatii paljon aikaa, aiheuttaa häiriötä liikenteelle ja/tai vaatii toimintojen koordinoitua väylän ylläpidosta vastaavien kanssa, luokitellaan vaikeaksi. Tällaisia menetelmiä ovat esimerkiksi maan alle asennettavat laitteet. Menetelmät, joiden asennus edellyttää tarkasti suoritettuja, maanpinnan yläpuolisia toimintoja, luokitellaan asennuksen vaikeudeltaan kohtalaisiksi. Menetelmät, joiden asennus on yksinkertaista, kuten laskimen kiinnitys pylvääseen luokitellaan helpoksi. Menetelmät, joihin ei liity mitään asennustyötä, kuten käsinlaskenta, kuvaillaan sanoilla: ei asennusta. Helposti asennettavat menetelmät ovat tyypillisesti myös helposti siirrettävissä laskentapaikasta toiseen. (Ryus et al. 2014).

Siirrettävyys kuvaa laskentamenetelmään liittyvien resurssien siirrettävyyttä laskentapisteestä toiseen. Siirrettävyyttä kuvataan tässä työssä asteikolla: helppo, kohtalainen, vaikea, ei siirrettävä. Siirrettävyys ja asennuksen vaativuus korreloivat usein toistensa kanssa.

Tulosten analysointi. Laskentamenetelmien valitsemisessa on syytä pohtia datan analysointiin käytettävissä olevaa aikaa ja osaamista. Esimerkiksi käsinlaskennasta saadaan melko yksinkertaista dataa pieneltä alueelta, jota on suhteellisen helppo analysoida. Paikannusmenetelmillä tuotetaan dataa hyvin laajaltakin alueelta ja tällaisen datan analysointi voi vaatia syvempää datankäsittelyosaamista ja monimutkaisten algoritmien luomista. Algoritmeja ei voi kehittää sopimaan jokaiseen tilanteeseen, vaan niitä täytyy muokata tapauskohtaisesti, jolloin osaamisvaatimukset datan käsittelyn ja analysoinnin suhteen kasvavat (Shlayan et al. 2016).

6.1.3 Tiedon tallennusta ja -siirtoa kuvaavat kriteerit

Erityisesti automaattilaskimiin liittyy tuotetun tiedon laadun sekä kustannusten ja muiden käytettävien resurssien lisäksi haaste tiedon tallennuksesta ja siirrosta. Laskentaseinsoreihin liitetään usein erilliset yksiköt tiedon varastointia ja -siirtoa varten. Nämä yksiköt ovat ennemminkin valmistaja- ja tuotekohtaisia kuin menetelmäkohtaisia. Näin olleen tallennustilaa, virrankulutusta ja tiedonsiirtoa ei pidetä tärkeimpinä kriteereinä menetelmiä vertaillessa, vaikkakin niiden arvioinnilla on oma paikkansa, kun lopullista laskentamenetelmää ja laskentalaitteiston toimittajaa valitaan.

Tallennustila kuvaa käytetyn laskentakojen kykyä varastoida kerättyä dataa. Tallennustila voidaan ilmaista esimerkiksi laskennan keston, laskentamäärien tai fyysisen tallennustilan suhteen.

Virrankulutus viittaa laitteen vaatimaan ulkoiseen energian määrään. Useat automaattilaskimet toimivat laitteeseen liitetyn akun kautta, jolloin virrankulutus viittaa akun kestoikään. Joissain tapauksissa ulkoista energiaa voidaan syöttää laitteelle virtajohdon kautta mutta usein tämän järjestäminen on haastavaa liikenneympäristössä. Verkkovirtaa vaativa laskentakoe voidaan sijoittaa esimerkiksi liikennevalojen yhteyteen, jolloin siinä voidaan hyödyntää liikennevalotolppaan tulevaa verkkovirtaa.

Tiedonsiirto on kerätyn datan siirtämistä laskimelta ulkoiselle tietokoneelle tai palvelimelle. Tiedonsiirto voi tapahtua kirjaamalla tulokset manuaalisesti tietokoneelle tai siirtämällä tiedot joko langallisesti tai langattomasti laskimelta tietokoneelle. Laskentatieto voidaan käydä keräämässä esimerkiksi USB- tai ethernet -kaapelin tai bluetooth-yhteyden avulla suoraan laskimelta tietokoneelle. Vaihtoehtoisesti tieto voidaan siirtää laskentakojelta eteenpäin GSM/3G -yhteyden kautta. Tiedonsiirron tyyppi määrittelee vahvasti laskimen virrankulutusta ja akunkestoa ethernet-yhteyden ollessa virrankulutuksellisesti taloudellisin ja GSM/3G -yhteys korkeakulutuksisin. (Eco-counter).

6.2 Käsinlaskentamenetelmä

Käsinlaskennassa laskentapisteessä tai sen välittömässä läheisyydessä oleva laskentahenkilö laskee jalankulkijat ja/tai pyöräilijät näiden ohittaessa laskentapisteen tai -

alueen. Laskenta voidaan suorittaa myös kuvaamalla kohde videolle ja suorittamalla laskenta videokuvan perusteella (Vitikka et al. 2003). Laskentojen jälkeen tiedot siirretään tietokoneelle esimerkiksi taulukointiohjelmiaan.

Liikennetiedon laatu

Manuaalisuutensa vuoksi käsinlaskentaan liittyy inhimillisen virheen riski mutta tutkimuksia menetelmän tarkkuudesta on tehty kohtalaisen vähän. Eräs harvoista tutkimuksista on Diogenes et al. (2007) selvitys, jossa kentällä toteutettu käsinlaskenta tuotti noin 9–25 % vähemmän liikkujahavaintoja kuin videokuvalta tarkistettu todellinen liikkujamäärä oli. Lisäksi tutkimuksessa pantiin merkeille laskijoiden havaintokyvyn heikentyvän laskennan alku- ja loppupuolella. Laskentajakson alkaessa laskija tarvitsee hetken tottuakseen laskemisen rutiiniin ja liikenneympäristöön. Laskentajakson loppupuolella havaintokykyyn puolestaan vaikuttaa vireystilan aleneminen. Käsinlaskenta soveltuukin pituudeltaan lyhyisiin, maksimissaan noin 2–3 tunnin laskentoihin (Schneider et al. 2009). Yksittäisiä esimerkkejä pidemmistäkin laskennoista on: Yhdysvaltojen Portlandissa järjestettiin toukokuussa 2015 24 tunnin pituinen pyöräkäsinlaskenta SE Ankeny ja 28th Avenue:n liittymässä. Järjestäjät raportoivat saaneensa tutkimuksessa mielenkiintoista dataa liikenteen vuorokausivaihtelusta, mutta vuorokauden kestäviä laskentoja ei ole kuitenkaan vakinaistettu kyseisen tempauksen jälkeen. (PBOT 2015).

Käsinlaskenta sopii kaiken tyyppisiin ympäristöihin ja se voidaan toteuttaa myös sellaisilla kaduilla tai paikoilla, joilla automaattiset laskentamenetelmät ovat vaikeasti toteutettavissa (Vaismaa et al. 2011, s. 245). Käsinlaskennalla suoritetaan niin linja-, alue- kuin liittymälaskentojakin. Sen avulla pystytään havainnoimaan liikennemäärän lisäksi myös muita tekijöitä kuten liikkujien sukupuolta tai pyöräilijöiden kypärän käyttöä. Lisätekiöiden havainnoinnin vaikutuksesta laskentatarkkuuteen on saatu hieman ristiriitaisia tuloksia. Greene-Roesel et al. (2008) havaitsivat laskentatarkkuuden laskevan sitä mukaan mitä enemmän tekijöitä laskijoilla oli laskettavana. Toisaalta Lowry et al. (2016) eivät havainneet laskentatarkkuudessa huomattavaa laskua, vaikka laskijoita pyydettiin laskemisen lisäksi havainnoimaan myös liikkujien sukupuoli ja pyöräilykypärän käyttöä. Olisi kuitenkin loogista ajatella, että laskentatarkkuus kärsii havainnoitavien tekijöiden lukumäärän kasvaessa. Erityisesti suuriliikenteisessä kohteessa useamman tekijän havainnointi voi kuormittaa laskijan keskittymistä vaikuttaen negatiivisesti myös laskentatarkkuuteen.

Käsinlaskennan yksi haasteista on tarkan säätilatiedon kerääminen. Säätila raportoidaan laskentalomakkeeseen laskijan toimesta yleensä jonkinlaista järjestysasteikkoa käyttäen, esimerkiksi ”pouta / puoli pilvinen / pilvinen”. Koska kyseiset määritteet eivät ole absoluuttisia pilvisyyden mittareita vaan subjektiivisia arvioita, on kysinen säätilan kuvaamistapa epätarkka. Säätilatiedon kerääminen automaattisilta säätilan mittauspisteiltä on yksi mahdollisuus mutta ei kuitenkaan ole aina käytännöllistä riippuen liikennelaskentapisteen sijainnista säämittauspisteen suhteen (Ryus et al. 2014).

Vaadittavat resurssit

Käsinlaskennan suorittaminen vaatii laskentahenkilöiden koulutusta ja ohjausta, joten siihen liittyy usein korkeat henkilöstökulut. Itse laskennan lisäksi tulee ottaa huomioon koulutukseen, liikkumisiin ja tulosten raportointiin sekä analysointiin käytettävä aika. Useat kunnat ja kaupungit hyödyntävätkin vapaaehtoisia, urheiluseuroja tai opiskelijoita vähentämään laskentakustannuksia, kuten Schneider et al. (2005) havaitsivat yhdysvaltalaisen kaupunkien kävely- ja pyörälaskentamenetelmiä koskevassa selvityksessään. Heidän mukaansa vapaaehtoisten käyttö voi olla monelle kaupungille tai kunnalle melkein pä laskentojen suorittamisen ehto. Toisaalta, vapaaehtoisilla oli omien työ- tai koulupäivien lomassa vaikeuksia löytää tarpeeksi aikaa laskentojen suorittamiseen, jolloin vapaaehtoisia laskijoita täytyi olla tutkimusryhmässä suhteessa enemmän kuin tapauksessa, jossa laskijat olisivat palkallisia. Laskentatutkimusta johtaneet henkilöt puolestaan kokivat suuren laskentaryhmän organisoinnin ja kontrolloinnin vaikeaksi.

Käsinlaskentamenetelmään liittyvä työvoiman saatavuuden helppous riippune siitä, ovatko laskentahenkilöt palkallisia vai vapaaehtoisia. Palkallisia laskentahenkilöitä on verrattain helppo hankkia mutta vapaaehtoisten laskijoiden löytäminen vaatii suhteita esimerkiksi paikallisiin urheiluseuroihin (Schneider et al. 2005) tai kävelyn ja/tai pyöräilyn edistämisestä kiinnostuneisiin organisaatioihin. Yleisesti ottaen voidaan kuitenkin todeta, että käsinlaskentaan liittyvä työvoima on melko helposti saatavissa.

Itse laskentatoimenpide on manuaalisuutensa vuoksi melko hidasta. Laskennat on tyypillisesti jaettu usealle päivälle ja laskentapäiviä voi olla useammalla viikolla. Tiedot kerätään laskentavaiheessa tyypillisesti paperiselle lomakkeelle, josta ne kerätään laskentojen jälkeen manuaalisesti vaikkapa taulukointiohjelmaan. Manuaaliset työvaiheet lisäävät virheiden mahdollisuutta, esimerkiksi näppäilyvirheiden tai vaikeasti tulkittavien laskentamerkintöjen vuoksi.

6.3 Konelaskentamenetelmät

Tässä työssä konelaskennalla viitataan automaattilaskimilla suoritettuihin jalankulku- ja pyöräliikenteen laskentoihin. Automaattilaskimet ovat pääasiassa sensoreita tai kameeroita, jotka havaitsevat liikkujia. Näiden sensoreiden lisäksi automaattilaskimiin liittyvät myös virtalähde ja yksiköt tiedon varastointia sekä -siirtoa varten. Tässä osiossa keskitytään kuitenkin pääasiassa erilaisiin laskentasensoreihin, sillä virtalähde sekä tiedon varastointi- ja siirtoyksiköt ovat ennemminkin valmistaja- kuin menetelmäkohtaisia.

Konelaskenta perustuu laskentapisteen läheisyyteen asennettuun laitteeseen, joka laskee laskentapisteen ohittavat jalankulkijat ja/tai pyöräilijät. Monet automaattilaskimet sopivat niin kertaluontoiseen otoslaskentaan kuin pidempiaikaiseen jatkuvaan laskentaan. Konelaskennan etuna käsinlaskentaan verrattuna ovat muun muassa inhimillisen virheen puuttuminen sekä laskenta-ajan ja -verkon tehokas laajennus. (Liimatainen

2016). Laskentatulosten tarkkuus ja tarkkuuteen vaikuttavat tekijät ovat kuitenkin riippuvaisia automaattilaskimen tyypistä ja siihen liittyvästä tekniikasta, joten nämä käsitellään laitekohtaisesti seuraavissa alaluvuissa.

Tiedon ajantasaisuuden suhteen konelaskimilla on mahdollista tuottaa reaaliaikaisempaa tietoa verrattuna käsinlaskentaan riippuen siitä, millaisella tekniikalla laskentatieto siirretään laskentakojeelta eteenpäin. Laskentatieto voidaan käydä keräämässä esimerkiksi USB- tai ethernet-kaapelin tai bluetooth-yhteyden avulla suoraan laskimelta tietokoneelle. Tällainen tiedonsiirto vaatii käyntiä laskimen luona ja jos käyntejä suoritetaan harvoin, ei konelaskenta tuota kovinkaan reaaliaikaista tietoa. Vaihtoehtoisesti tieto voidaan siirtää laskentakojeelta eteenpäin GSM/3G-yhteyden kautta, jolloin tieto päivitetään serverille päivittäin ja halutessa useamminkin. Tiedonsiirron tyyppi määrittelee laskimen virrankulutuksen ja akunkeston. Ethernet-yhteys on virrankulutuksellisesti taloudellisin ja GSM/3G -yhteys korkea kulutuksisin. (Eco-counter).

Konelaskentaan liittyy teknisiä haasteita erityisesti liikennemuotojen erottelun ja laitekohtaisen toimintavaatimusten kannalta. Automaattilaskimet sopivat yleensä vain jalan- kulk- ja pyöräliikenteelle tarkoitetulla väylällä tapahtuvaan laskentaan ja joskus vain yhden kulkumuodon tunnistamiseen (Vitikka et al. 2013, s. 52). Konelaskennalla on haastavaa havaita väylän ulkopuolella kulkevia ja epävirallisia reittejä käyttäviä liikku- jia. Automaattilaskimet voivat olla herkkiä sääolosuhteiden muutoksille ja niihin liittyvä tekniikka saattaa pettää kesken laskennan, jolloin haluttua tietoa ei saada kerätyksi (Hie- tanen 2017). Automaattilaskimiin liittyy usein verrattain suuri kertainvestointikulu sekä lisäksi asennus- ja huoltokustannukset.

Konelaskentamenetelmät vaativat usein liikenneympäristössä näkyvillä olevia laskenta- kojeita, jotka voivat olla houkuttelevia kohteita ilkivallalle tai laskennan häiritsemiselle. Suurin osa liikkujista suhtautunee liikennelaskentoihin neutraalisti, vaikkakaan ihmisten asenteista liikennelaskentoja kohtaan ei ole tutkimusnäyttöä. Laskentakojeisiin kohdis- tuu silti ajoittain ilkivaltaa. Esimerkiksi Lahden seudun liikennetutkimuksessa vuonna 2010 jouduttiin laskentalaitteeseen kohdistuneen ilkivallan vuoksi hylkäämään yhden laitteen tuottamat laskentatulokset yhden viikon ajalta (Lahden seudun liikennetutkimus 2010). Laskentalaitteiden valmistajat ovat tiedostaneet laitteisiin kohdistuvan ilkivallan ongelman ja saatavilla on jonkin verran automaattilaskimia, jotka ovat hyvin huoma- mattomia tai jopa naamioitu sopimaan mittausympäristöönsä kuten kuvassa 6 oleva esimerkkilaskin havainnollistaa.



Kuva 6. Koneellinen liikennelaskin on rakennettu kierrätetystä muovista tehdyn kotelon sisään, jolloin se on ympäristössään melko huomaamaton. (Eco-counter).

Seuraavissa alaluvuissa on esitelty yleisimmät konelaskentamenetelmät. Jokaista menetelmää käsitellään tuotetun tiedon laadun ja menetelmään vaadittavien resurssien suhteen. Tiedon tallennus ja -siirto toteutetaan useimmiten ulkoisilla laitteistoilla, jotka ovat pikemminkin valmistaja- kuin menetelmäkohtaisia. Näin ollen konelaskentamenetelmiä ei vertailla toisiinsa tiedon tallennus ja -siirtoa kuvaavien kriteerien avulla.

6.3.1 Induktiosilmukka

Induktiosilmukka on polkupyöräilijöiden laskemiseen soveltuva menetelmä, jossa maahan kaivettu induktiokaapeli luo ympärilleen magneettikentän. Magneettikentän ylittävä metallinen pyörä aiheuttaa kenttään muutoksen, joka kirjautuu laskimeen. Joillakin silmukoilla pystytään pyöräilijöiden lukumäärän lisäksi määrittelemään myös ajosuunta sekä -nopeus. (Ryus et al. 2014, s. 9). Induktiosilmukan toiminta on havainnollistettu kuvassa 7. Induktiosilmukoita käytetään yleisesti Suomessa esimerkiksi liikennevalo-ohjatuissa risteyksissä ajoneuvojen ja pyörien kulku- ja läsnäoloilmaisimina, jolloin liikennevaloissa olevia induktiosilmukoita voidaan hyödyntää myös pyörälaskentatiedon keruussa (Saastamoinen et al. 2005).



Kuva 7. Induktiosilmukka havaitsee sen yli kulkevan pyörän aiheuttaman muutoksen laitteen luomassa magneettikentässä. (*Eco-counter*).

Tiedon laatu

Induktiosilmukan haasteena on havaintojen tarkkuutta häiritsevät tekijät, kuten laitteen ohittava ajoneuvoliikenne sekä ryhmissä pyöräilevät liikkujat. Induktiosilmukan toiminnan perustuessa magneettikentän muutoksiin voi mikä tahansa tarpeeksi metallia sisältävä ajoneuvo tai apuväline (kuten lastenrattaat tai ostoskärryt) aiheuttaa havaintomerkinnän (Liimatainen 2016). Lisäksi leveän induktiosilmukan yli voi ajaa useampi pyörä samaan aikaan, jolloin laite tyypillisesti rekisteröi vain yhden ylityksen. Nordback et al. (2011) mittasivat yhdestä silmukasta muodostetun induktiosilmukan tarkkuutta sekaliikenneväylällä ja havaitsivat koko havainnointijoukossa 4 % yllilaskennan ($APD = 4\%$) eli laite kirjasi enemmän havaintoja kuin niitä todellisuudessa oli. Laitteen absoluuttiseksi keskiprosenttitarkkuudeksi (AAPA) saatiin 77 % eli vajaa neljäsosa yksittäisistä laitteen ohittaneista pyöristä havaittiin väärin. Toisaalta, vain harvassa tapauksessa moottoriajoneuvo luokiteltiin virheellisesti pyöräksi. Silmukatekniikan kehittyminen onkin mahdollistanut ylittävän ajoneuvon akselivälin tunnistamisen ja näin polkupyörä voidaan erottaa autosta melko onnistuneesti (Liimatainen 2016). Nordback et al. (2011) huomauttavat, että kyky havaita yksittäinen pyörä tarkasti ei välttämättä ole kovin oleellista, sillä yleensä laskennoissa ollaan kiinnostuneita tietyn ajanjakson, vaikkapa vuorokauden, kokonaisliikenteestä. Induktiosilmukan havainnointitarkkuutta voidaan lisätä asentamalla kapeita silmukoita useampi rinnakkain, jolloin pyörien yhtäaikainen ohitus yhden silmukan yli ei onnistu ja useamman pyörän rekisteröinti yhdeksi havainnoksi harvenee. Näin tekivät esimerkiksi Ward ja Fowler (2009), joiden tutkimuksessa induktiosilmukalle saatiin jopa 90 % absoluuttinen keskiprosenttitarkkuus, mikä on huomattava parannus Nordack et al. (2011) yhdellä silmukalla saamaan 77 % tarkkuuteen.

Induktiosilmukka on siis melko luotettava menetelmä mutta jalankulkua silmukan avulla ei kuitenkaan ole mahdollista laskea, vaan jalankulkijoiden määrä tulee tuottaa jollain muulla menetelmällä. Ryus et al. (2014) testasivat induktiosilmukan yhdistämistä infra-

punalaskimeen, jolloin pyöräilijöiden määrä saatiin induktiosilmukalta ja jalankulkijoiden määrä vähentämällä pyöräilijöiden määrä infrapunalaitteen laskemasta liikkujien kokonaissummasta. Laiteyhdistelmää arvioitiin sen kävelijöiden laskennan tarkkuuden avulla ja sen laske (APD= -18,65 %) ja rekisteröivän jopa vajaa puolet havainnoista väärin (AAPD = 43,78 %). Yksittäisen havainnon tarkkuus jäi siis vain 56,22 %:iin. Tulokset mitattiin kuitenkin vain kahdesta mittauspisteestä, joista toinen oli hyvin vähäliikenteinen, jolloin harvatkin virheet havainnoissa peilautuivat kokonaistuloksiin melko voimakkaasti.

Vaadittavat resurssit

Induktiosilmukka on kestävä laite, jonka käyttöikä on jopa kymmeniä vuosia (Liimatainen 2016). Sen hankintahinta on kuitenkin melko korkea. Lisäksi induktiosilmukan asennus on haastavaa ja vaatii päällysteen leikkaamista niin, että silmukka saadaan asennettua paikalleen. Laitteen toimittajilta saatu arvio induktiosilmukan hankintahinnasta ja käyttöönottokuluista on yhteensä noin 7 500 – 10 000 e. Maahan kaivetun laitteen etuna on se, ettei laskentalaitteistoa jouduta sijoittamaan näkyville, jolloin siihen ei juuri voi kohdistua ilkivaltaa eikä se vaurioidu esimerkiksi talvikunnossapidosta.

Käytössä on myös niin kutsuttuja puolikestäviä silmukoita, *semi-permanent loops*, jolloin ilmaisinsilmukka asennetaan kadun pintaan. Tien pintaan sijoitettava induktiosilmukka on helpompi asentaa kuin normaali induktiosilmukka mutta sen käyttöikä on huomattavasti lyhyempi, vain noin 6 kuukautta. Ryus et al. (2014) vertasivat puolikestävää induktiosilmukkaa normaaliin induktiosilmukkaan ja totesivat puolikestävän silmukan tuottavan hieman tarkempia mittaustuloksia. Toisaalta, väylän pintaan asennettu silmukka ei toimi talviolosuhteissa, joten se ei ole hyvä ratkaisu ympärivuotiseen liikennemittaukseen Suomessa. Induktiosilmukan sijaan voidaan myös käyttää lähelle kadun pintaa asennettavaa kuituoptista kaapelia, jolla pystytään tunnistamaan myös alumiini- ja komposiittirunkoiset pyörät. Toisaalta, kadun pinnan läheisyyteen asennettava kuituoptinen kaapeli on herkempi talvikunnossapidon aiheuttamille vaurioille. (Vaismaa et al. 2011, s. 246).

6.3.2 Infrapunalaskin

Infrapunalaskin perustuu laitteen ilmaisukeilassa tapahtuviin lämpösäteilymuutoksiin joko aktiivisen tai passiivisen menetelmän avulla. Aktiivinen laite lähettää infrapunasäteitä tutkittavalle alueelle ja havaitsee liikkujan säteen katketessa. Passiivinen laite puolestaan havaitsee laitteen ohittavan liikkujan lähettämää säteilyä. Liikkujien lukumäärän lisäksi voidaan mitata liikkumissuunta ja -nopeus, jos väylälle asennetaan kaksi infrapunalaitetta. (Liimatainen 2016). Aktiivinen infrapunalaskin on esitetty kuvassa 8 ja passiivinen infrapunalaskin kuvassa 9.



Kuva 8. Aktiivinen infrapunalaskin koostuu lähettimestä ja vastaanottimesta. (Kuvan lähde: Ryus et al. 2014, s. 4).



Kuva 9. Passiivinen infrapunalaskin koostuu yhdestä sensorista, joka tunnistaa liikkujien lähettämän lämpösäteilyn. (Muokattu: Eco-counter).

Liikennetiedon laatu

Infrapunalaskimen tuottaman laskentatiedon laatu vaikuttaa riippuvan käytetystä infrapunatekniikasta. Ryus et al. (2014) havaitsivat tutkimuksessaan aktiivisen ja passiivisen infrapunalaskimen tuottavan likimain saman suuruista alilaskentaa mutta aktiivinen laskin havaitsi yksittäisen liikkujan paremmalla tarkkuudella kuin passiivinen laskin. APD oli passiiviselle $-8,75\%$ ja aktiiviselle laitteelle $-9,11\%$ sekä AAPD passiiviselle $20,11\%$ ja aktiiviselle laitteelle $11,61\%$. Kulkumuotojen erottelu pelkällä infrapunalaskimella todettiin tutkimuksessa hankalaksi. Erottelu voidaan kuitenkin järjestää yhdistelemällä infrapunalaskin esimerkiksi induktiosilmukan kanssa, kuten alaluvussa 6.3.1 esitetään.

Haasteina infrapunalaskimelle ovat vierekkäin kulkevat liikkujat, jotka ohittavat sensorin samanaikaisesti (Proulx et al. 2016). Näin ollen infrapunalaskin ei välttämättä sovi suuriliikenteiselle väylälle, jossa liikkujat ohittavat infrapunasensorin yhtäaikaan. Vierekkäin kulkevien liikkujien aiheuttamalta haasteelta vältytään, jos laite asennetaan liikkujien yläpuolelle (Greene-Roesel et al. 2007). Toisaalta sensoreiden asentaminen liik-

kujien yläpuolelle liikenneympäristössä on usein vaikeaa ja ne sopivatkin lähinnä alikulkutunneleihin tai katetuille väylille.

Infrapunalaiteella ei voida kerätä metadataa tai muita havaintoja esimerkiksi sääoloista, vaan nämä tiedot tulee kerätä muista lähteistä. Säällä ei sinänsä ole vaikutusta infrapunalaiteen toimintaan mutta se voi rekisteröidä virheellisiä havaintoja erityisesti rankalla vesisateella (Vaismaa et al. 2011, s. 247). Proulx et al. (2016) tai Ryus et al. (2014) eivät tosin saaneet tutkimuksissaan näyttöä vesisateen vaikutuksesta niin passiiviseen kuin aktiiviseenkaan infrapunalaskimeen. Toisaalta kyseisten tutkimusten aikana tapahtuneiden sadetapahtumien ei katsottu olleen kovinkaan rankkoja, joten lisätutkimusta sateen vaikutuksesta menetelmän luotettavuuteen kaivataan lisää.

Infrapunalaskimen toiminnan perustuessa lämpösäteilymuutoksiin, on aiheellista pohtia lämpötilan vaikutusta laskentatuloksen luotettavuuteen. Andersen et al. (2014) havaitsivat passiivisen infrapunalaskimen tarkkuuden laskevan kun ilmanlämpötila laskee alle $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$:een. Erityisesti liikkujien lämpöä eristävän vaatetuksen todettiin vähentävän laitteen havaintotarkkuutta. Myös Proulx et al. (2016) sekä Ryus et al. (2014) tarkastelivat lämpötilan vaikutusta infrapunalaskimen luotettavuuteen mutta näissä tutkimuksissa ei löydetty huomattavaa riippuvuutta lämpötilan sekä laskentatarkkuuden välillä niin passiivisen kuin aktiivisen infrapunalaskimen kohdalla. Toisaalta, kyseisissä tutkimuksissa ei saavutettu samanlaisia äärimmäisiä lämpötiloja kuten Andersen et al. (2014) tutkimuksessa. Äärimmäisen korkean lämpötilan voisi kuvitella kuitenkin vaikuttavan kylmän lämpötilan tapaan laskentatuloksen luotettavuuteen. Ryus et al. (2016) huomauttavatkin, että passiivisen infrapunalaiteen on havaittu tallentavan vääriä havaintoja esimerkiksi ikkunoiden tai muiden heijastavien pintojen keräämästä lämmöstä. Myös ajoneuvoliikenteestä syntyvä lämpö voi häiritä passiivista infrapunalaskinta. Eräs passiivisten infrapunalaiteiden valmistaja sekä yksi laitteiden toimittaja kehottivat sijoittamaan laskimen vähintään reilun 10 metrin päähän autoliikenteen väylästä.

Vaadittavat resurssit

Infrapunalaskimen etuna on helpohko asennus ja laitteen siirrettävyys. Passiivinen infrapunalaiteen sensorilaatikko asennetaan olemassa olevaan liikennemerkkiin, pylväaseen tai puiseen rakennelmaan. Vaihtoehtoisesti sensorilaatikko voidaan hankkia puisen rakennelman sisällä, joka upotetaan laskentapaikassa maahan. Aktiivinen infrapunalaite koostuu lähettimestä ja vastaanottimesta, jotka tulee asentaa tarkasti kohdakkain. (Ryus et al. 2014).

Infrapunalaiteen käyttöikä on pitkä, akunkestosta riippuen jopa 10 vuotta (Bu et al. 2007). Laitteen toimittajilta saatujen arvioiden mukaan passiivisen infrapunalaiteen hinta siirrettävälle laskimelle on noin 3 500 – 4 000 e ja kiinteälle laskimelle noin 6 500 – 7 000 e. Aktiivisen infrapunalaskimen hinnasta ei ollut saatavilla ajantasaista arviota.

10 vuotta sitten Bu et al. (2007) arvioi aktiivisen infrapunalaitteen hankintahinnaksi vajaa 700 e.

6.3.3 Letkulaskin

Letkulaskin on pyörien laskemiseen tarkoitettu menetelmä, joka perustuu ohueen, kadun yli vedettyyn kumiletkuun. Letkulaskin on esitetty kuvassa 10. Letkuun yhdistetty las-kin kirjaa letkussa tapahtuvat ilmanpaineen muutokset, jotka aiheutuvat letkun ylitse ajavasta polkupyörästä. Asentamalla kaksi letkua peräkkäin saadaan tietoon pyöräilijöiden lukumäärän lisäksi myös pyöräilijän suunta ja nopeus. (Liimatainen 2016).



Kuva 10. Letkulaskin perustuu ohueen, kadun yli vedettyyn kumiletkuun, joka rekisteröi ylitse ajavan pyörän aiheuttaman paine-eron. (Eco-counter).

Liikennetiedon laatu

Tutkimusjulkaisussa letkulaskimelle on saatu melko hyvä havaintotarkkuus pyörille mutta kulkumuotojen erottelu pyöräilijöiden ja kävelijöiden välillä on verrattain haastavaa. Tutkimuksissa letkulaskimen tarkkuudeksi on raportoitu pyörälaskentojen osalta 90 % (Ward & Fowler 2009) sekä 72,5 – 98,5 % (Hjelkrem & Giæver 2009). Proulx et al. (2016) mukaan pyörien erottelu autoista onnistuu painepulssin erilaisuutta analysoimalla mutta he eivät ota kantaa siihen, voiko menetelmällä erotella luotettavasti pyöräilijät jalankulkijoista. Osa jalankulkijoista saattaa astua letkun päälle aiheuttaen näin kirjauksen ja toisaalta osa kävelijöistä voi ohittaa mittauspisteen koskematta letkuun lainkaan. Näin ollen jalankulkijat saattavat aiheuttaa virrehavaintoja mittaukseen, eikä letkulaskin ole paras vaihtoehto käytettäväksi kävelijöiden ja pyöräilijöiden jakamalla väylällä.

On mahdollista, että jalankulkijat voitaisiin erotella pyöräilijöistä myös kahden peräkkäin asetetun letkun avulla. Kahden peräkkäisen letkun havaitsemien painepulssien ai-

kaeron perusteella voidaan määritellä liikkujan nopeus ja datankäsittelyvaiheessa jalkenkulkijat voitaisiin todennäköisesti tunnistaa liikkumisnopeuden tai vain yhden letkun kautta tapahtuneen havainnon avulla. Kulkumuotojen erottelu tällä tavalla on kuitenkin vain ajatuksen tasolla ja lisätutkimusta aiheesta kaivattaisiin ennen kuin sen toimivuutta voidaan perusteellisesti arvioida.

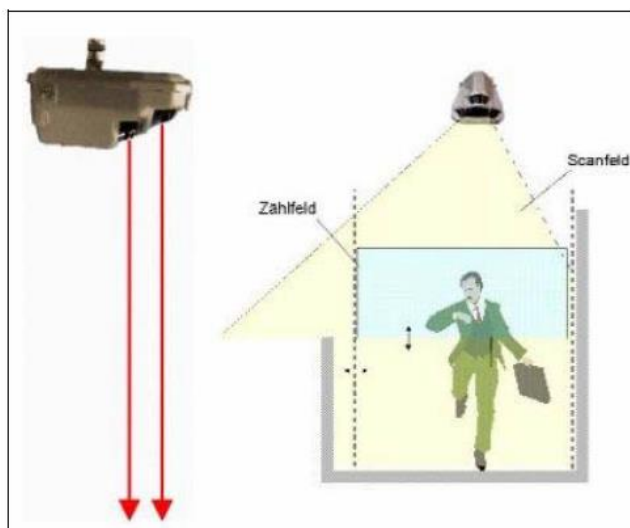
Vaadittavat resurssit

Letkulaskin soveltuu paremmin otos- kuin jatkuvan laskentaan, sillä sen pitkäaikainen käyttö esimerkiksi oikean paineen ylläpidon osalta vaatii Liimataisen (2016a) mukaan melko paljon huoltoa. Menetelmän käyttö lyhyissä laskennoissa on kustannustehokasta, sillä letkulaskimen asennus on suhteellisen helppoa ja edullista. Pidemmissä laskennoissa menetelmän haasteena on näkyvillä olevan letkun rikkoutuminen joko kulumisen tai ilkvallan vuoksi ja letkulaskimen käyttöön liittyvä jatkuva tarkistuksen ja huollon tarve (Liimatainen 2016). Lisäksi letkulaskin ei sovi talvikäyttöön, sillä se ei pysty ylläpitämään laskemiselle tarvittavia ominaisuuksia talviolosuhteissa (Vaismaa et al. 2011, s. 249). Nämä seikat perustelevat letkulaskimen käyttöä erityisesti lyhyemmissä laskennoissa. Ward ja Fowler (2009, s.5) määrittelivät letkulaskimella tehtävien liikennelaskentojen kestoksi korkeintaan 1 – 2 viikkoa.

Laitteen toimittajilta saatujen arvioiden mukaan letkulaskimen hankinta- ja käyttöönottokulut ovat noin 2 000 – 3 000 e. Uuden letkun hankkiminen rikkoutuneen tilalle ei ole kallista, vain noin 9 – 13 e/m. Toisaalta, rikkoutuneen letkun vaihto vaatii huoltokäyntejä ja aiheuttaa katkoksia laskenta-aikaan.

6.3.4 Laserskanneri

Laserskanneri perustuu infrapunalasarsädetä lähettävään ja vastaanottavaan laitteeseen, joka tunnistaa esteistä takaisin heijastuvien säteiden avulla tunnistealueella liikkuvat jalkenkulkijat, pyöräilijät ja muut ajoneuvot. Eri kulkumuodot skanneri tunnistaa ulkomuodon perusteella. Kulkumuodon lisäksi laite tunnistaa myös liikkujan nopeuden sekä kulkureitin (Liimatainen 2016). Skannerilta saatavalle datalle täytyy tehdä kuvantunnistuksen kaltainen toimenpide, jolla hahmotunnistuksen kautta voidaan laskea eri liikkujien määrä. Laserskannerin niin kutsuttu skannausverho eli skannauksen taso on joko horisontaalinen tai vertikaalinen. Horisontaaliset skannerit vaativat aukean tilan, esimerkiksi tori- tai puistoaukion, ilman esteitä. Vertikaaliset skannerit puolestaan asennetaan tarkkailualueen yläpuolelle, kuten kuvassa 11 on esitetty. (Ryus et al. 2014, s. 33).



Kuva 11. Vertikaalinen laserskanneri asennetaan havainnointialueen päälle, josta se laskee liikkujat hahmontunnistuksen avulla. (Bu et al. 2007; viitattu LASE GmbH).

Liikennetiedon laatu

Tanaka (2010) tutki laserskannerin tuottaman laskentatuloksen kokonaistarkkuutta ja havaitsi menetelmän synnyttävän hienoista alilaskentaa keskiprosenttivirheen ollessa noin -5% . Katabira et al. (2004) puolestaan tutkivat menetelmän tarkkuutta havaita yksittäinen liikkujia ja saivat vertikaaliselle laserskannerille yhden havainnon tarkkuudeksi noin 91% . Katabira et al. suorittamissa tutkimuksissa menetelmän tarkkuus kuitenkin laski hieman havaintoalueella liikkuvan väkijoukon kasvamisen myötä. Tarkkuuden heikentyminen ei johtunut niinkään havaittavien kohteiden kasvun seurauksena, vaan toisiaan lähempänä kulkeneiden ihmisten muodostamien, vaikeasti tunnistettavien hahmojen vuoksi.

Laserskannerin haasteena onkin juuri luotettavuus ryhmässä kulkevien jalankulkijoiden laskemisessa (Katabira et al. 2004) sekä polkupyörien ja mopojen erottaminen toisistaan (Ryus et al. 2014, s.3). Toisaalta skannerin havainnointikulman ollessa laaja, jopa 270 astetta, se pystyy havaitsemaan kohteet, jotka ovat ajoittain piilossa esimerkiksi toisen liikkujan takana (Luukkonen 2011, s. 18; viitattu Schweitzer 2005). Havainnointietäisyys riippuu hieman tarkasteltavasta kohteesta ja rajoittuu polkupyörille 15 metriin ja jalankulkijoille $10 - 15$ metriin (Luukkonen 2011, s. 18; viitattu Schweitzer 2005).

Laserskanneri sopii jatkuvaan liikenteen laskentaan mutta se vaatii jatkuvaa sähkövirtaa tai kestävää akkua. Näin ollen se soveltuukin paremmin sisätiloihin, missä laite kytkeään verkkovirtaan. Ulkotiloissa laserskanneri voidaan asentaa esimerkiksi liikennevalojen yhteyteen, jolloin laskin yhdistetään liikennevalojen virtalähteeseen. Ulkotiloissa laserskanneri on kuitenkin käytännöllisin lähinnä lyhyissä laskennoissa, jolloin laite voi toimia akkuenergialla. (Ryus et al. 2014, s. 114).

Laserskannerin toimintakyvystä eri sääolosuhteissa on ristiriitaisia havaintoja. Luukkonen (2011, s. 18) mukaan Schweitzer 2005 toteaa tutkimuksessaan laserskannerin toiminnan laadun olevan riippumaton sääolosuhteista. Bu et al. (2007) puolestaan raportoivat laserskannerien tarkkuuden heikentyvän äärimmäisissä sääolosuhteissa kuten rankkasateen tai sankan sumun aikaan. Ristiriitaiset näkemykset sääolosuhteiden vaikutuksesta voivat johtua esimerkiksi erilaisista tutkimusolosuhteista, joista Schweitzerin tutkimuksen osalta ei ollut saatavilla tietoa. Toisaalta, ristiriitaisuudet saattavat myös kieliä eri laitetyyppien ominaisuuksien erosta, jota yksittäisessä tutkimuksessa ei ole käynyt ilmi. Lisätutkimusta aiheen ympäriltä kaivataan selkeästi lisää.

Vaadittavat resurssit

Laserskannerien käyttö ei vaikuta yhtä suositulta kuin muut konelaskimet, eikä siihen liittyen löydy kovinkaan kattavasti tutkimusta. Todennäköisesti laserskannerin houkuttelevuutta vähentää laitteistoon liittyvä korkea hankintahinta, joka voi Bu et al. (2007) mukaan kohota jopa 9 000 yhdysvaltain dollariin eli noin 7 700 euroon. Esitetty hinta-arvio on jo melko vanha mutta silti laitteen hankintahinta on korkeahko suhteessa muihin konelaskentamenetelmiin. Lisäksi laite on helposti huomattavissa, jolloin siihen kohdistuvan ilkeän riski kuten myös ilkeältä liittyvät huoltokulut, kasvavat (Luukkonen 2011, s. 18).

Laserskanneri vaatii myös jatkuvaa sähkövirtaa tai vastaavasti kestäväää akkua, joka nostaa osaltaan laitteen hankintahintaa verrattuna muihin automaattilaskimiin. Itse laserskanneri on helppo asentaa ja se on myös helposti siirrettävissä laskentapisteeltä toiselle. Mahdollinen uusien sähköjohtojen vetäminen laskentapaikalle luonnollisesti hankalointaa asennusta ja nostaa asennuskuluja (Ryus et al. 2014, s. 217).

6.3.5 Painemittarit

Painemittarit ovat maan alle asennettuja laskentalaitteita, joiden toiminta perustuu paineen muutoksiin. Painemittareita ovat muun muassa elektromekaaniseen kalvoon perustuva mattolaskin, akustinen sensorilaatta ja pietsosähköinen laskin. Painemittareiden käyttö ei vaikuta olevan kovinkaan laajaa, eikä tutkimus- tai selvitystyötä menetelmän käytöstä jalankulun ja pyöräilyn laskentaan ole juuri saatavissa.

Mattolaskin ja akustinen sensorilaatta ovat molemmat maan alle asennettavia laitteita, joita käytetään pääasiassa jalankulkijoiden laskentaan päällystämättömällä väylällä. Mattolaskin perustuu liikkujan aiheuttamaan jännitemuutokseen ja sensorilaatta painemuutokseen. Molemmat laitteet soveltuvat tällä hetkellä pääasiallisesti jalankulkijoiden laskemiseen väylillä, jossa liikkujien on kuljettava suoraan laskentalaitteen päältä. (Ryus et al. 2014, s. 29). Esimerkki mattolaskimen sijoittamisesta on esitetty kuvassa 12. Painemittareita voidaan asentaa useita vierekkäin, jolloin tutkittavan väylän leveyttä pystytään lisäämään.



Kuva 12. *Mattolaskin. (Eco-Counter).*

Pietsosähköinen laskin asennetaan niin ikään maahan ja sen toiminta perustuu ohittavan pyörän renkaanpaineen muuttamiseen signaaliksi. Kuvassa 13 kadun ylitse kulkee kaksi pietsosähkölaskimen kaistaa, jotka rekisteröivät niiden ylitse ajavan pyörän. Pyörän rengaspaine eroaa auton rengaspaineesta, joten pietsosähköisellä laskimella voidaan erotella pyörät muista ajoneuvoista erilaisten signaalien avulla. Jalankulkijoita menetelmällä ei kuitenkaan kyetä havaitsemaan. (Liimatainen 2016).

Haasteena kaikille maan alle asennetuille painemittareille on asennuksen vaikeus (Ryus et al. 2014, s. 217) ja maan jäätyminen talven aikana. Jäätynyt maa huonontaa laskinten tarkkuutta. Painemittareita käytetäänkin lähinnä tavaratalojen, puistojen ja vaellusreittien liikenteen laskentaan. (Liimatainen 2016; Vaismaa et al. 2011, s. 248). Yleisesti painemittareista on saatavilla suhteellisen vähän tutkimustietoa ja lisää akateemisia julkaisuja menetelmien tarkkuudesta sekä raportteja käyttökokemuksista kaivataan.



Kuva 13. *Pietsosähköinen laskin muuttaa kahden kaistan ylitse ajavan pyörän rengaspaineen signaaliksi, jonka laskin havaitsee. (Ryus et al. 2014).*

6.3.6 Tutkalaskin

Tutkalaskin (tai mikroaaltolaskin) perustuu mikroaaltotekniikkaan, jossa tutka havaitsee ilmaisukeilan alueella liikkuvat kohteet. SDR-tutka pystyy erottelamaan kulkumuodot toisistaan kohteen pituuden sekä nopeuden perusteella. Lisäksi tietoa saadaan myös liikkujan suunnasta. (Trafino 2017). Tutkalaskimiin liittyvää tutkimustyötä on saatavilla kohtalaisen vähän.

Tiedon laatu

Yhdeksi tutkalaskimen epävarmuustekijäksi on esitetty jalankulkijoiden tunnistaminen kävelijöiden matalan nopeuden vuoksi (Liimatainen 2016). Toisaalta eräs laitevalmistaja lupaa nopeustunnistuksen onnistuvan tutkalaskimella nopeusvälillä 1 – 255 km/h (Viatraffic 2016). Teoriassa tämän pitäisi riittää myös jalankulkijoiden tunnistamiseen. Tutkimusten mukaan menetelmän kykyyn erottaa jalankulkijat pyöräilijöistä luotettavasti liittyy kuitenkin vielä epävarmuutta ja lisätutkimuksia kaivataan.

Tutkalaskimella voidaan suorittaa jatkuvia laskentoja, eikä sen tarkkuuden ole raportoitu juurikaan vaihtelevan säätilan mukaan. Lisätutkimusta menetelmän luotettavuudesta eri sääolosuhteissa kaivataan lisää. Erityisesti rankan lumisateen on epäilty heikentävän menetelmän luotettavuutta (Ryus et al. 2014, s. 27) mutta tästä ei ole tarkkaa näyttöä.

Resurssit

Tutkalaskimen arvioitu hankintahinta on hieman edullisempi verrattuna useisiin muihin edellä käsiteltyihin laskentamenetelmiin. Erään laitteen toimittajan mukaan laskimen hankintahinta on noin 2 500 – 2 600 e. Mahdolliset lisävarusteet luonnollisesti nostavat hintaa.

Tutkalaskin on helppo asentaa esimerkiksi liikennemerkkitolppaan, kuten kuvassa 14. Siten se onkin suosittu vaihtuvien kohteiden laskentalaite (Luukkonen 2011, s. 17). Esimerkiksi Espoon kaupunki käyttää tutkalaskimia vaihtuvissa jalankulku- ja pyöräliikenteen laskentakohteissaan (Espoon liikennekatsaus 2017). Toisaalta, laskin on suurehko ja voi vetää puoleensa liikenteen käyttäjien huomiota, mikä voi johtaa laskentatuloksen vääristymiseen esimerkiksi väylän käyttöä laskentalaitteen vuoksi välttävien tai laitteeseen kohdistuvan ilkivallan myötä.

Tutkalaitteen heikkous on suuri virrankulutus. Akkukäyttöisen laitteen virtalähde kestää noin 2 viikkoa (Viatraffic 2016). Jatkuvaan laskentaan käytettäessä tutkalaite vaatisi huomattavan usein huoltokäyntejä akunvaihdon vuoksi, joten menetelmä sopii lähinnä lyhyisiin otoslaskentoihin.



***Kuva 14.** Tutkalaskin on helppo asentaa esimerkiksi liikennemerkitolppaan. Kuvan tutkalaskin on suunnattu ajoneuvolaskentaa varten autoliikenteen väylälle.*

6.3.7 Radiosädelaskin

Radiosäteiden lähettämiseen perustuva laskin tunnistaa liikkujan radiosäteen rikkoutuessa. Sensoreita on kahta eri tyyppiä: metallia havaitsevia sensoreita sekä heijastavia sensoreita. Edellistä käytetään polkupyörien ja jälkimmäistä kävelijöiden laskentaan. Käyttämällä molempia sensoreita väylän molemmin puolin voidaan muodostaa laskentadataa niin kävelijöistä kuin pyöräilijöistäkin. (Luukkonen 2011, s. 18). Radiosädelaskimiin liittyvää tutkimustyötä on saatavilla kohtalaisen vähän, mutta menetelmän on todettu toimivan käytännössä suhteellisen hyvin (Ryus et al. 2014).

Tiedon laatu

Radiosädelaskimella voidaan suorittaa jatkuvia laskentoja, eikä sen tarkkuuden ole raportoitu juurikaan vaihtelevan esimerkiksi talviolosuhteissa kuten pakkasessa tai lumisateessa (Luukkonen 2011, s. 18), eikä sen toimintaan vaikuta lämpötilan tai valoisuuden muutokset. Haasteena ovat rinnakkain tai ryhmissä kulkevat liikkujat, joita laite ei tunnista luotettavasti. Nopeuden ja suunnan tunnistaminen ei myöskään ole vielä mahdollista. (Ryus et al. 2014).

Menetelmällä pystytään erottelemaan jalankulkijat ja pyöräilijät toisistaan käyttämällä kahta erilaista sensoria: metallia sisältävät polkupyörät rekisteröivää sensoria ja jalankulkijat havaitsevaa, heijastavaa sensoria. (Vaismaa et al. 2011, s. 249). Havainnointitietäisyys riippuu hieman tarkasteltavasta kohteesta ja rajoittuu polkupyörille noin 3 metriin ja jalankulkijoille noin 20 metriin (Chambers Electronics).

Monen muun säteiden havaitsemiseen perustuvan menetelmän tapaan radiosädelaskimen haasteena ovat ryhmissä ja vierekkäin liikkuvat jalankulkijat ja pyöräilijät. Radiosädelaitte sopinee parhaiten kapeille väylille, jossa kulkijat liikkuvat rivien sijaan

jonomaisesti. (Luukkonen 2011, s. 18). Kuvassa 15 on esitetty oivallinen asennuspaikkaesimerkki radiosädelaskimelle: puiston sisäänkäynnillä olevien tolppien välistä kuljetaan tilan ahtauden vuoksi luonnollisemmin jonossa kuin vieretysten, jolloin radiosädelaskin kykenee laskemaan jokaisen liikkujan luotettavasti.



Kuva 15. *Radiosädelaskin on hyvä asentaa kapealle väylälle, jolloin vierekkäin ja ryhmissä kulkevien liikkujien osuus on pieni. (Chambers Electronics).*

Resurssit

Laitteen toimittajalta saadun arvion mukaan radiosädelaskimen hankinta- ja käyttöönottokulut ovat noin 3 000 – 4 000 e. Hintaan kuuluu radiosädesensori sekä dataloggeri, joka kirjaa sensorin tekemät havainnot laskennoiksi. Lisäksi tiedonsiirtoon USB-kaapelin avulla tarvittava ohjelmisto maksaa noin 100 e. Tekniikkaan liittyy verrattain pienet huoltokulut, sillä radiosäde läpäisee muovin, joten laitteen saa suojattua ulkopuoliselta kulutukselta ja ilkivallalta kuten kuvassa 16 on esitetty (Luukkonen 2011, s. 18). Lisäksi radiosädelaskin kuluttaa verrattain vähän virtaa ja laitteen toimittaja lupaa akun kestoksi 1 vuoden (Chambers Electronics).



Kuva 16. *Radiosädelaskin suojaavassa muovikotelossa. (Chambers Electronics).*

6.3.8 Konenäkö (videolaskenta)

Jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden laskemisen manuaalisesti videolta katsotaan tuottavan tarkkaa laskentatulosta, jota käytetään useissa selvityksissä referenssinä muita menetelmiä tutkiessa (mm. Greene-Roesel et al. 2008; Ryus et al. 2014). Videokuvan manuaalinen analysointi on kuitenkin hidasta, erään tutkimuksen mukaan jopa 3 kertaa hitaampaa kuin kentällä suoritettu käsinlaskenta (Diogenes et al. 2007). Teknologian kehittyessä laskennan automatisoinnista konenäön avulla on tullut entistä parempi vaihtoehto manuaaliselle analysoinnille. Konenäkö on järjestelmä, jossa tietokoneella oleva kuvantunnistusohjelma tulkitsee ja laskee automaattisesti kohteet kameran kuvaamalta videolta (Ryus et al. 2014).

Konenäön suorittama liikenteen laskenta jakaantuu kolmeen vaiheeseen: liikkujan tunnistaminen, liikkujan jäljitys ja kuvan tulkinta (Bu et al. 2007). Liikkujan tunnistaminen perustuu liikkeen- ja hahmontunnistukseen tai vaihtoehtoisesti taustakuvan poistamiseen kuten kuvassa 17 on esitetty. Liikkeen- ja hahmontunnistuksessa tunnistetaan kuvan alueita, jotka vaikuttavat liikkeensä ja ulkomuotonsa perusteella ihmisiltä. Taustakuvan poistamisen avulla liikkuja tunnistetaan mittaamalla eroja videokuvan ja tunnetun taustan välillä. (Benfold).



Kuva 17. Konenäköön perustuvassa laskennassa liikkujia havainnoidaan liikkeen- ja hahmontunnistuksen (vasemmalla) tai taustakuvan poistamisen (oikealla) avulla. (Benfold).

Laskentatiedon laatu

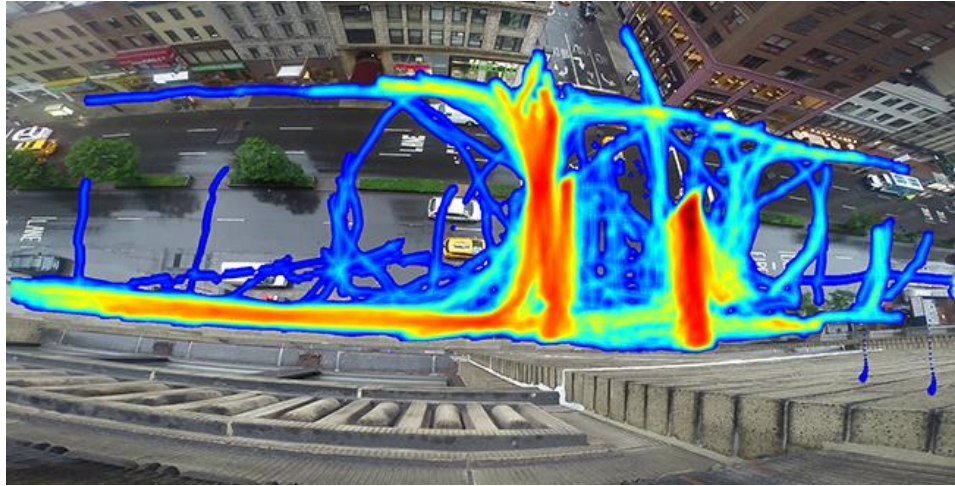
Videokuvasta saadun laskentatuloksen tarkkuuteen vaikuttaa luonnollisesti videokuvan laatu. Erityisesti ulkoiset tekijät kuten sade tai sumu, valon puute tai vaihtoehtoisesti voimakkaat valonheijastukset sekä huonot kuvauskulmat vaikuttavat kaikki liikkujien tunnistamiseen (Abedi et al. 2015). Useimmat kaupalliset automaattiseen videokuvan analysointiin perustuvat laskentamenetelmät ovatkin suunnattu lähinnä sisätiloihin kuten ostoskeskuksiin tai joukkoliikenneasemille (Greene-Roesel et al. 2007). Konenäöllä on havaittu olevan hankaluuksia myös suurien väkijoukkojen ja lähekkäin liikkuvien tai normaalista poikkeavien ulkomuotojen tunnistamisessa. Esimerkiksi Brändle et al.

(2010) totesivat sateenvarjoja kantavien jalankulkijoiden tunnistamisen konenäön avulla olevan huomattavasti haastavampaa kuin tyhjin käsin kulkevien kävelijöiden. Havaintotarkkuudeksi tutkimuksessa saatiin sateenvarjollisille kävelijöille 43 % ja sateenvarjottomille 92 %. Tutkimus oli kuitenkin lyhyt, joten tarkkuusluvut eivät sinänsä ole aivan aukottomia. Silti tutkimus viittaa siihen, että normaalista poikkeavien hahmojen tunnistaminen vaatii vielä kehitystyötä ja kehitystä on varmasti tapahtunutkin Brändle et al. tutkimuksen toteuttamisen jälkeen.

Videolta tapahtuvan automaattisen hahmontunnistuksen tarkkuus vaikuttaa olevan kovin riippuvainen konenäön käyttämästä algoritmista. Esimerkiksi Somasundaram et al. (2010) kehittivät kävelijöiden ja pyöräilijöiden erotteluun algoritmin, jonka tuottaman liikennelaskennan tarkkuudeksi he saivat noin 70 %. Algoritmin parantelun myötä tarkkuus nousi seuraavassa tutkimuksessa (2012) pyöräilijöiden osalta 86 %:iin ja jalankulkijoiden kohdalla jopa 98 %:iin. Algoritmin parantamisella oli siis huomattava vaikutus laskentatuloksen tarkkuuteen.

Konenäön avulla voidaan usein erotella kulkumuodot toisistaan, kuten on osoitettu muun muassa Brändle et al. (2010) tutkimuksessa. Toisaalta, tunnistettavien kulkumuotojen kirjon kasvaessa myös tiedonkäsittely- ja -laskenta-ajat pitenevät. Esimerkiksi oman automaattisen videolaskimensa vuonna 2018 markkinoille tuova Eco-Counter ei suosittele tuotteensa käyttöä kaikkien kulkumuotojen laskentaan väylillä, jossa liikkuu jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden lisäksi myös moottoriajoneuvoja (Eco-Counter 2017). Toisaalta, yhdysvaltalainen Placemeter raportoi kykenevänsä erottelemaan ja laskemaan jalankulkijat, pyöräilijät ja moottoriajoneuvot samasta videokuvasta (Placemeter 2017). He eivät toisaalta kerro, kuinka kulkumuotojen erottelu vaikuttaa laskenta-aikaan.

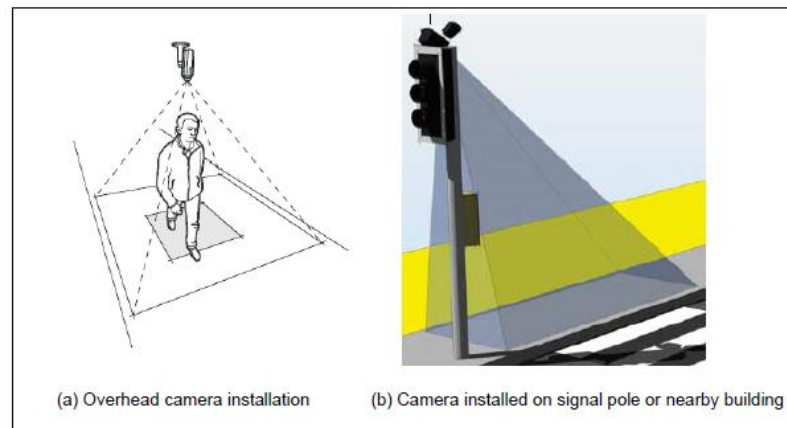
Automaattinen konenäkö ei juuri kykene keräämään metadatasia esimerkiksi vallitsevista sääolosuhteista, vaan säätiedot tulee kerätä jollain muulla menetelmällä. Toisaalta, koska videokuva esittää liikkujien liikeratoja, sen avulla voidaan tehdä turvallisuusanalyysijä. Chen et al. (2013) jakoivat tutkimansa puistosta kuvatun videokuvan turvalliseen alueeseen (jalankulkuväylä) ja hälytysalueeseen (nurmikko). Konenäkö seurasi alueella kulkevia hahmoja ja teki merkinnän, kun liikkuja poikkesi jalankulkuväylältä hälytysalueelle. Systeemi tallensi myös videopätkät, joissa hälytysalueella havaittiin liikkujia. Chen et al. esittämää systeemiä käyttäessä voitaisiin seurata esimerkiksi suojatien käyttöä ja jopa tarkkailla jälkikäteen manuaalisesti tilanteita, joissa liikkuja on ylittänyt ajoväylän muualta kuin suojatien kohdalta. Kuvassa 18 on esitetty esimerkki siitä, miten jalankulkijoiden varomattomia kadunylityksiä voidaan havainnollistaa lämpökartan avulla.



Kuva 18. Videokuvan automaattisella analysoinnilla voidaan liikennelaskentojen lisäksi tuottaa myös turvallisuusanalyysijä. Kuvassa jalankulkijoiden varomattomat kadun ylitykset esitetään lämpökartan avulla. (Brisk Synergies).

Resurssit

Greene-Roesel et al. (2007) kuvaa kameroiden asentamista helpoksi. Kamera asennetaan liikenteen yläpuolelle tasaiselle alustalle tai olemassa olevaan pylvääseen kuten on esitetty kuvassa 19. Asentamalla kamera liikenteen yläpuolelle voidaan parantaa rinnakkain tai ryhmissä kulkevien liikkujien tunnistamista. (Bu et al. 2007).



Kuva 19. Kamera asennetaan liikenteen yläpuolelle tasaiselle alustalle tai pylvääseen. (Bu et al. 2007).

Videokuvaa tuottavan kameras ei tarvitse kuitenkaan aina olla kiinteä, laskentaan tarkoitettu kamera vaan videokuvan lähteenä voidaan käyttää periaatteessa mitä tahansa tarpeeksi laadukasta kuvaa tuottavaa kameraa. Esimerkiksi New Yorkissa jalankulkijoi- ta ja pyöräilijöitä lasketaan Placemeter-nimisen yrityksen toimesta satojen turvakame- roiden tuottamien videokuvien avulla. Yritys on arvioinut tarvitsevasa noin 2 000 – 3 000 kameraa kattaakseen 90 % koko kaupungin liikenteestä. Saavuttaakseen tarvitse- mansa kameramäärän Placemeter on ryhtynyt hankkimaan yksityisten ihmisten tuotta-

maa videokuvaa. He maksavat korvausta siitä, että yksityisihmiset asettavat kameran esimerkiksi kotinsa tai työpaikkansa ikkunalle kuvaamaan liikennettä ja lähettävät videokuvan sovelluksen kautta analysoitavaksi. (Leber 2014).

Myös esimerkiksi drone-lennokit mahdollistavat liikenteen kuvaamisen. Tosin ainakin tällä hetkellä drone-lennokkien lentoaika on hyvin rajattu, yhden lennon maksimajan ollessa noin 20 minuuttia. Lennokin akku voidaan vaihtaa ja lisätä lentojen määrää mutta tämä vaatii lennokin laskemista maahan ja liikennelaskennan hetkellistä keskeyttämistä. Lisäksi vielä tällä hetkellä lennokka tarvitsee kauko-ohjaimen käsittelijän, jonka täytyy olla maksimissaan muutaman sadan metrin päässä lennokista. (Brisk Synergies).

Konenäön käyttö vaatii suhteellisen paljon laskenta-aikaa ja monimutkaisia algoritmeja (Abedi et al. 2015). Toisaalta, valmistajat tarjoavat valmiita paketteja, johon sisältyy itse kameran lisäksi myös tiedonkäsittelyyn ja analysointiin liittyvä ohjelmisto. Tilaajan ei näin ollen tarvitse juurikaan huolehtia algoritmeista tai niiden monimutkaisuudesta.

Menetelmän kustannukset riippuvat muun muassa toimittajasta sekä käytetyn kameran tyypistä. Esimerkiksi Placemeter-yhtiön kameran hankinta maksaa kameran tyypistä riippuen muutamasta kymmenestä eurosta pariin sataan euroon. Videokuvan analysointiohjelmisto maksaa noin 70 – 80 e/kk. (Placemeter 2017). Miovision tarjoaa liikennelaskentaan suunnattuja kameroitaan 3 800 – 4 250 e hintaan ja datan analysointi kustantaa poikkileikkaukselle 9 – 10 e/h ja liittymälle 13 – 15 e/h (de Matos 2017).

6.3.9 Lämpökamera

Normaalin kamerakuvan kautta tehtävään hahmontunnistukseen perustuvat laskentamenetelmät kompastuvat usein jalankulkijoiden erilaisten ulkomuotojen asettamaan haasteeseen. Erityisesti ulkotiloissa erilaiset värit, pinnat ja valaistusolosuhteet hankaloittavat hahmontunnistusta. Viime vuosina ongelmaan on esitetty ratkaisuksi näkyvän valon aallonpituuden spektrin ulkopuolella toimivaa lämpökameraa.

Lämpökameraan perustuva liikennelaskenta muistuttaa infrapunalaskin- ja videokuvan automaattisen analysoinnin menetelmiä. Lämpökamera onkin yksi infrapunakameroiden tyypeistä ja joskus siihen viitataan termillä lämpöinfrapunakamera. Termien käyttö on melko kirjavaa ja joskus lämpökamera sekä infrapunakamera -termejä käytetään synonyymeinä toisilleen, vaikka teoriassa tämä ei aivan pidä paikkaansa. Tässä tekstissä lämpökameran ja normaalin infrapunakameran eroksi määritellään niiden erilaiset toiminta-alueet elektromagneettisella spektrillä. Lämpökameralla viitataan sensoriin, joka pystyy havaitsemaan kohteen luonnollisesti lähettämää lämpösäteilyä, yleisimmin pitkäaaltokaistaa (n. 6–15 μm) tai keskipitkäaaltokaistaa (n. 3–5 μm). Normaalilla infrapunakameralla taas viitataan sensoriin, jolla voidaan havainnoida juuri ja juuri silmälle näkymätöntä valon alueen osaa, lähi-infrapunakaistaa (n. 0,78–3 μm), eikä niinkään kappaleen itsensä lähettämää lämpösäteilyä. (Infradex 2003). Toisin sanoen lämpöka-

meralla havainnoidaan suurempaa aallonpituutta kuin normaalin infrapunakameran tapauksessa.

Lämpökameran havaintoalueen ollessa kauempana näkyvän valon alueelta, voidaan sillä saada tarkempia liikkujahavaintoja normaaliin videokameraan tai infrapunakameraan verrattuna. Lämpökamera havaitsee liikkujat niin suorassa auringonpaisteessa kuin keskellä yötäkin (kuva 20) eikä esimerkiksi sankalla sumulla tai lumisateella ole suurta vaikutusta sensorin kykyyn havaita liikkujan lähettämää lämpösäteilyä. (Rogalski & Chrzanowski 2014). Yang et al. (2010) vertasivat lämpökameraa ja normaalia infrapunakameraa jalankulkijoiden laskemisessa seitsemässä eri kohteessa. He totesivat lämpökameran tuottavan tarkempia tuloksia jokaisessa mittauskohteessa, vaikkakin molempien menetelmien havaittiin koko havainnointijoukossa jonkin verran alilaskentaa erityisesti suuriliikenteisissä kohteissa.



***Kuva 20.** Jalankulkijoiden tunnistaminen lämpökameran kuvasta (oikella) onnistuu myös pimeässä toisinkuin normaalin kameran avulla (vasemmalla). (FLIR).*

Lämpökameroihin liittyvää tutkimusta jalankulku- ja pyöräliikenteen laskemisen saralla on saatavilla heikosti. Oulun Energia toteutti talvella 2016 Antiloop-pilotin, jossa etsittiin vaihtoehtoisia tekniikkaa induktiosilmukoille liikennevaloihin muun muassa lämpökameran avulla. Tutkimuksen tulokset eivät kuitenkaan ehtineet valmistua ennen tämän työn kirjoittamista.

Liikennelaskentaan tarkoitettujen lämpökameroiden tarjonta on heikkoa. Lämpökameroita on markkinoilla mutta niihin liitetty jalankulku- ja pyöräliikenteen laskentapalvelu puuttuu lähes kokonaan markkinoilta.

6.4 Paikannukseen perustuvat laskentamenetelmät

Käsinlaskennan ja koneellisen laskennan rinnalle on viime vuosina esitetty useita erilaisia paikannukseen perustuvia menetelmiä. Näiden tekniikoiden alkuperäisenä päämääränä ei ole liikennelaskentojen toteuttaminen mutta niiden tuottama tieto tarjoaa suhteellisen edullisen, joustavan ja skaalautuvan vaihtoehdon liikennetiedon keräämiseen ja tuottamiseen. Paikannukseen perustuvat liikennetiedonkeruumenetelmät ovat edullisia

koska niihin ei liity suuria laitehankintoja vaan menetelmien toiminta perustuu liikkujien mukanaan kantamiin laitteisiin sekä näiden signaaleja vastaanottaviin sensoreihin. Perinteisempiin mekaanisiin laskentatapoihin, automaattilaskimiin, verrattuna paikannusmenetelmiin liittyvät sensorit ovat helppoja asentaa liikenneympäristöön sekä tarvittaessa siirtää ja niiden määrää kasvattamalla liikennetiedon kerääminen on helposti skaalattavissa (Shlayan et al. 2016).

Skaalautuvuus sekä paikannustekniikka mahdollistavat uudenlaisen kävely- ja pyöräilytiedon hankinnan. Jensenin (2016) haastattelema Tanskan teknillisen korkeakoulun Thomas Nielsen kuvailee perinteisempien konelaskinten ongelmaksi sen, ettei niiden avulla saada tietoa kävelijöiden ja pyöräilijöiden todellisista reiteistä tai mahdollisista paikoista, joita liikkujat välttelevät esimerkiksi turvallisuusongelmien tai huonon viihtyvyyden vuoksi. Tieto liikkujien välttelemistä alueista ja väylistä antaa indikaattoria sille, mihin liikenneturvallisuuštarkasteluja ja korjaustoimenpiteitä tulisi kohdentaa. Paikannukseen perustuvilla menetelmillä laskentoja voidaan tehdä laajemmalla alueella ja saada jopa lähtö- ja määränpääpaikkatietoa matkakohtaisesti. Lisäksi jatkuvan laskennan periaatteella toimivan, paikannukseen perustuvan tekniikan avulla voidaan tutkia, kuinka liikenne toimii normaalien liikennelaskenta-aikojen ulkopuolella kuten yöllä tai erikoistapahtumien aikaan.

Kävelyn ja pyöräilyn monimuotoisuus asettaa haasteita paikannukseen perustuvassa liikennetiedon keräämisessä, erityisesti jos halutaan selvittää liikkujien käyttämiä reittejä. Moottoriajoneuvoihin verrattuna kävelijöiden ja pyöräilijöiden liikkuminen ajan ja paikan suhteen on joustavampaa. Autoilijoiden tulee pysyä rakennetulla väylällä ja ajaa tietyn nopeusrajoitteen mukaan. Kävelijät ja pyöräilijät taas voivat poiketa väylältä ja heille on luontaisempaa vaihtaa suuntaa tai jäädä oleskelemaan tietyille alueille, jolloin selkeiden reittien hahmottaminen havaintotuloksista on moottoriajoneuvoliikennettä haastavampaa. (Böhm 2016).

Myös liikennemuotojen erottelu asettaa haasteita paikannukseen perustuvalla liikennelaskennalle. Kävelyn ja pyöräilyn tutkimisessa kulkumuotojen erottelu moottoriajoneuvoliikenteestä sekä toisistaan on tärkeää. Paikannukseen perustuvien laskentamenetelmien tutkimisessa (mm. Abedi et al. 2015; Böhm 2016), kulkumuotojen erottelu on pohjautunut pääasiassa kävelyn ja pyöräilyn nopeuseroihin. Tällöinkin haasteena on liikkujien monimuotoisuus: nopea juoksija voi liikkua vauhdikkaammin kuin hidas pyöräilijä. Kulkumuotojen erottelu liikkumisnopeuden perusteella vaikuttaa kuitenkin parhaalta tarjolla olevalta vaihtoehdolta, erityisesti jos datan analysointivaiheessa kyetään ottamaan huomioon liikkumisnopeuteen yleisesti vaikuttavia tekijöitä. Tutkimusten mukaan jalankulkijoiden liikkumisnopeuteen vaikuttavat erityisesti liikkujan henkilökohtaiset ominaisuudet kuten ikä, sukupuoli ja liikkumiskyky, liikkumisympäristön ominaisuudet kuten liikkumistila ja liikennetiheys sekä muut ympäristölliset tekijät kuten ilmanlämpötila (Knoblauch 1996). Niin Abedi et al. (2015) kuin Böhmkin (2016) uskovat, että käyttämällä keskimääräisiä nopeuksia eri kulkumodoille ja ottamalla

huomioon liikkumisympäristön kulkunopeuteen vaikuttavat ominaisuudet voidaan paikannusmenetelmillä päästä hyväksyttävään kulkumuotojen erottelutarkkuuteen. Sitä, mikä hyväksyttävä erottelutarkkuus tarkalleen ottaen on, ei kumpikaan tutkimus mainitse.

Paikannukseen perustuvat laskentamenetelmät on tässä työssä jaoteltu satelliittipaikannukseen, matkapuhelinpaikannukseen sekä langattomaan lähi- tai likiverkkopaikannukseen. Vaikka paikannukseen perustuvista laskentamenetelmistä on yleensä saatu hyviä tuloksia, ei niitä ole tätä työtä varten tehdyn kirjallisuusselvityksen ja kyselyjen perusteella vielä hyödynnetty merkittävästi jalankulun ja pyöräilyn tiedonkeruussa.

6.4.1 Satelliittipaikannus

GNSS (Global Navigation Satellite System) viittaa globaaliin satelliittipaikannusjärjestelmään, jossa kohteen paikantaminen perustuu sen sijaintikoordinaatin laskemiseen radiosignaalin avulla. Liikkujan mukana kulkeva paikannuslaite (kuten matkapuhelin, aktiivisuusranneke) vastaanottaa radiosignaalia, jonka avaruudessa olevat satelliitit lähettävät. Kohteen etäisyys satelliittiin lasketaan radiosignaalin satelliitilta paikannuslaitteelle kestävän matkustusajan perusteella ja yhdistämällä etäisyystiedot vähintään kolmelta satelliitilta saadaan kohteen tarkka sijainti laskettua. (Waadt et al. 2010). Yhdysvaltain ilmavoimien operoima GPS (Global Positioning System) on suosituin satelliittipaikannusjärjestelmä, jonka kilpailijoita ovat esimerkiksi Venäjän puolustusministeriön GLONASS, kiinalainen Beidou (toiselta nimeltään Compass) sekä Euroopan komission rakentama Galileo (Mantoro et al. 2011). Tässä tekstissä keskitytään vain suosituimpaan satelliittipaikannusmenetelmään eli GPS-paikannukseen.

Kiinnostus GPS-paikannuksen käyttöön jalankulku- ja pyöräliikenteen tutkimiseen on suhteellisen uutta ja tutkimuksia on moottoriajoneuvoihin liittyvään tutkimukseen verrattuna vähän. Suurin mielenkiinto menetelmän hyödyntämisessä vaikuttaisi kohdistuvan henkilöliikennetutkimukseen, johon liittyen selvitetään GPS-paikannuksen soveltuvuutta tukemaan posti-, puhelin- ja internetkyselyiden huonoa vastausastetta ja korjaamaan matkamääriä (Pastinen et al. 2017). Liikennelaskennan osalta GPS-paikannusta on tutkittu erityisesti pyöräliikennetutkimuksessa, jossa sitä on hyödynnetty muun muassa pyöräilijöiden reittivalintojen (Broach et al. 2012) sekä kaistavalintojen (Lindsey et al. 2013) tarkasteluun. Kävelijöiden osalta GPS-paikannustutkimus vaikuttaa kohdistuvan liikennetiedon keräämisen sijaan liikkujan opastamiseen eli navigointiin. Se, miksi GPS-paikannuksen hyödynnettävyyttä jalankulkuliikenteen tiedonkeruuseen ei ole tarkasteltu samassa mittakaavassa kuin pyöräilyn osalta, jäi epäselväksi.

Hyvä paikannustarkkuus, huono havainnointiaste

Satelliittipaikannuksen etuna, etenkin muihin paikannusmenetelmiin verrattuna, on sen paikannustarkkuus, joka on yleensä muutaman kymmenen metriä riippuen ympäristön häiriöiden määrästä (Zhu et al. 2013). Muutaman kymmenen metrin tarkkuus voisi olla tarpeeksi esimerkiksi määränpää- ja reittitutkimuksiin mutta kävelyliikenteen väyläkohtaisiin laskentoihin ja tutkimuksiin menetelmän tarkkuus on todettu ainakin vielä riittämättömäksi (Lindsey et al. 2013). Tekniikan kehittyessä paikannustiedon tarkkuus todennäköisesti parantuu niin, että menetelmän sovellettavuus yksityiskohtaisempaan tiedonkeruuseen mahdollistuu. Esimerkiksi differentiaaalinen GPS (DGPS) on alueellinen tarkennusmenetelmä, jonka avulla GPS-paikannuksen virhemarginaali saadaan laskettua jopa muutamaan senttimetriin (Waadt et al. 2010).

GPS-laitteilla saadaan kerättyä siis tarvittaessa melko tarkkaa paikkatietoa, mutta GPS-laitteiden kattavuus jalankulku- ja pyöräliikenteessä on oletettavasti melko vähäinen. Viime vuosina mielenkiinnon kohteena onkin ollut GPS-paikannuksen sallivien älypuhelimien hyödyntäminen kävely- ja pyöräliikenteen tiedonkeruussa. Älypuhelimien käyttö ei kuitenkaan ole tiedonkeruun kannalta aivan mutkatonta. Koska tiedonsiirto satelliitin ja GPS-laitteen välillä on yksisuuntaista (Waadt et al. 2010), ei liikkujien sijaintitietoa saada suoraan satelliitilta, vaan tieto tulee erikseen lähettää liikennetiedon kerääjälle. Esimerkiksi henkilöliikennetutkimuksissa osallistujille jaetaan GPS-laite, josta liikkumistiedot siirretään osallistujan toimesta tietyn väliajoin tietokoneen avulla tutkimuksen tekijälle. On siis mahdotonta tuosta vain ryhtyä keräämään liikkujien puhelimien tuottamaa GPS-paikkatietoa, vaan tähän tarvitaan laitteen omistajan hyväksyntä (7.11.2014/917 160§) ja jokin ohjelmisto, joka lähettää puhelimen tallentamat tiedot eteenpäin. Käytännössä tämä voidaan toteuttaa niin, että liikkuja asentaa älypuheli-meensa sovelluksen, jolle hän antaa luvan laitteensa sijaintitiedon keräämiseen ja edelleen lähettämiseen.

Älypuhelimien GPS-paikannuksen hyödyntäminen voi onnistua kaupunginlaajuisessa liikennelaskennassa, jos luodaan kannustimia, joilla liikkujat saadaan asentamaan paikannuksen mahdollistava sovellus puhelimeensa ja antamaan sijaintitietonsa liikennetiedonkeruutarkoitukseen. Diplomityötä varten tehdyssä haastattelututkimuksessa Vaismaa (2017) ja Lahtinen (2017) pohtivat mahdollisuutta lanseerata tällaisen sovelluksen pilotti-versio esimerkiksi sitouttamalla kaupungin työntekijöitä. Vaismaan mukaan jo tuhannella käyttäjällä saisi hyvän katsauksen siihen, miten pienikokoisessa kaupungissa liikutaan.

GPS-laitteiden tuottama tiedon laatu häiriintyy havainnointiasteen heikkouden lisäksi myös menetelmään liittyvän hitauden vuoksi. Laitteen virtaa kuluttavaa paikannussovellusta ei ole mielekäästä pitää päällä jatkuvasti, joten käytännössä paikannus kytketään usein päälle vasta kun lähdetään liikkumaan ja GPS-laitteen käynnistyessä ensimmäinen paikannus saattaa viedä useita minuutteja (Waadt et al. 2010). Näin ollen paikannuksen

alkamisen hitaus voi aiheuttaa sen, ettei erityisesti matkan alkuvaiheista saada kerättyä tietoa lainkaan. GPS-laitteiden paikannuksen nopeuden sekä akunkeston kehitys tulevat luultavasti olemaan yksiä tärkeimmistä tekijöistä menetelmän läpimurrossa liikennetiedonkeruun saralla.

Edullinen toteuttaa, epävarma saatavuus

Verrattain hyvän tarkkuuden lisäksi satelliittipaikannuksen etuna liikennetiedon laadun suhteen on GPS:n globaali kattavuus (Waadt et al. 2010). Menetelmän käyttö ei vaadi liikenneympäristöön asennettavia sensoreita, vaan se toimii avaruudessa kiertävien satelliittien välityksellä. Näin ollen menetelmä on helposti skaalattavissa, kun vaadittavat investointikustannukset ovat mittaustekniikan osalta vähäisiä, erityisesti jos paikannuslaitteina käytetään liikkujien omia GPS-laitteita kuten älypuhelimia. Pienet investointikustannukset sensori-infrastruktuurin osalta antavat GPS-paikannukselle selkeän edun kiinteisiin, konelaskentamenetelmiin verrattuna. Toisaalta, datan analysoinnin sekä paikannustietoa keräävän ohjelmiston kehittämiseen tai palvelun ostamiseen liittyviin kustannuksiin ei löytynyt juurikaan hinta-arvioita, joten todellista kustannusta GPS-paikannuksen avulla tehtävälle liikennelaskennalle on vaikea arvioida.

GPS:n avulla on suhteellisen yksinkertaista kerätä isojaakin tietomääriä, jolloin omanlaisensa haasteen asettaa kerätyn datan käsittely. Toisaalta, GPS-paikannukseen perustuva liikennetiedon keruuta tarjoavia palvelukokonaisuuksia on markkinoilla jo useita vaikkakin pääosin ulkomailla. Yleisimmin palvelukokonaisuuteen kuuluu kaikki liikennetiedon keruusta aina tiedon purkuun, analysointiin ja esittämiseen, jolloin kerätyn tiedon massiivinen määrä ei jää tilaajan huoleksi, vaan sen hoitaa palvelun tarjoaja.

Vaikkattaisikin siltä, että GPS-paikannuksella toimivat sovellukset voisivat olla potentiaalisia liikennetiedon lähteitä kuvaamaan liikennettä tavalla, jota perinteisemmällä liikennelaskennalla ei ole pystytty saavuttamaan. Liikennetiedot kannattanee hankkia ulkopuoliselta palveluntarjoajalta, kuten seuraavaksi esitetyissä esimerkeissä on tehty. Palvelujen saatavuus Suomessa on vielä kyseenalaista mutta tulevaisuudessa saatavuus paranee jatkuvasti.

Sovellusesimerkkejä

Paikkatietokeskus ja Åbo Akademi tutkivat vuonna 2013 Supra-hankkeessaan älypuhelinien avulla saadun liikuntasuoritustiedon muuttamista merkitykselliseksi reittitiedoksi. Pääasiassa ulkoilijoiden käytössä olevien sovellusten tuottaman paikkatiedon avulla luotiin lämpökarttoja, joista ilmenivät suosituimmat ulkoilureitit sekä liikkujamäärien vaihtelut ajan suhteen. (Oksanen et al. 2013). Esimerkki luoduista lämpökartoista on esitetty kuvassa 21. Kohderyhmän ollessa ulkoilijat, tuotetun datan ei voida olettaa kuvaavan täydellisesti kaikkia jalankulku- ja pyöräliikenteen matkaryhmiä mutta saadut liikkumistiedot antoivat viitteitä siitä missä ja milloin ihmiset liikkuvat.



Kuva 21. Supra-hankkeessa tuotettiin ulkoilijoiden käyttämän liikuntasovelluksen avulla lämpökarttoja Helsingin kaupungin suosituimmista ulkoilureiteistä. (Oksanen et al. 2013)

Tampereella on syksyn 2017 ajan testattu CrossCycle-sovellusta, joka pyytää ohjelman puhelimessaan käynnistäneelle pyöräilijälle automaattisesti ja ennakoiden etuuden liikennevaloissa. Vastavuoroisesti sovelluksesta kerätään pyöräilijän paikkatietoa liikennetiedon keruuta varten. Pilottiin oli haastattelun hetkellä lähtenyt mukaan noin 100 pyöräilijää. Pilotti on tämän tekstin kirjoittamisen aikana vielä kesken ja ensimmäisiä tuloksia vielä odotellaan. (Seimelä T 2017).

Yhdysvaltain Portlandissa kaupunki käyttää hyväkseen Ride Report -nimistä sovellusta, jonka avulla pyöräilijät voivat rekisteröidä ja arvioida omia pyörämatkojaan ja pyöräilyympäristön mukavuutta. Vastavuoroisesti käyttäjät pääsevät tarkastelemaan muiden käyttäjien eri pyöräilyreiteille antamia arvioita ja löytää uusia reittejä omille pyörämatkoilleen. Kaupungin suunnittelijat ja päätöksentekijät saavat puolestaan käyttöönsä sovelluksen keräämää pyöräilydataa. (Ride Report).

6.4.2 Matkapuhelinverkkopaikannus

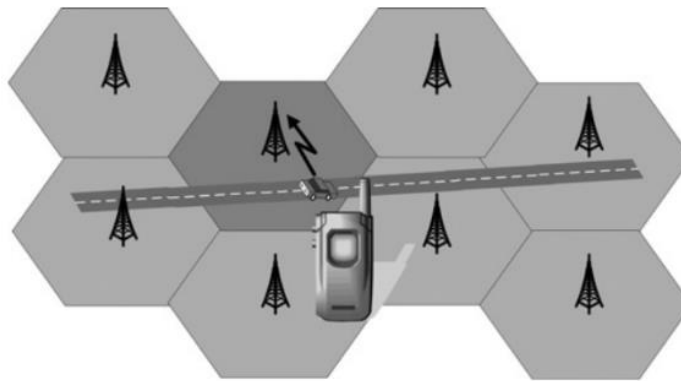
Matkapuhelinten käytön yleistyessä ja puhelinten jäljitysmahdollisuuksien kehittyessä mielenkiinto matkapuhelinverkosta kerätyn paikkatiedon hyödyntämiseen liikenteen tutkimuksessa on noussut. Matkapuhelinverkko koostuu soluista, puheluita ja tietoja vastaanottavista tukiasemista sekä kiinteästä verkosta. Koska puhelin operoi lähes aina lähimmän tukiasemansa kautta, täytyy verkon pystyä arvioimaan, minkä tukiasemaryhmän lähellä puhelin liikkuu ja verkko tallettaakin laitteen sijaintitietoa jatkuvasti tukiverkkoryhmätarkkuudella. Puhelun kytkeytyessä verkko kykenee paikantamaan puhelimen yksittäisen tukiaseman tarkkuudella. (Rainio 2003). Näistä paikkatiedoista ovat kiinnostuneet myös liikennesuunnittelijat, sillä matkapuhelimen liikkua tukiasemalta

toiselle voidaan tehdä päätelmiä puhelinta kantavan yksilön liikkeistä, kuten kuvassa 22 on havainnollistettu. (Caceres et al. 2007).

Rainion (2003) esittämää matkapuhelinpaikannuksen teoriaa yksinkertaistaen matkapuhelinverkkoon pohjautuvat paikannusmenetelmät perustuvat:

- solupohjaiseen paikannukseen kunkin tukiaseman palvelualueen mukaan, jota voidaan täydentää ajastusennakko- (TA) ja signaalin voimakkuustiedoilla (Rx),
- signaalin matkustusaikaan: saapumisaika- (TOA), kulkuaikaero- (EOTD) ja saapumisaikaeropaiikannus (OTDOA),
- signaalin tulokulmaan (AOA), tai
- signaalin voimakkuuteen (DCM).

Tässä työssä keskitytään solupohjaiseen paikannukseen, sillä se on Rainion mukaan ainoa menetelmä, joka ei vaadi merkittäviä muutoksia verkkoon tai puhelimiin.



Kuva 22. Matkapuhelinverkkopaikannukseen perustuvassa liikennelaskennassa liikujan reitti ja asema arvioidaan verkon tukiasemien rekisteröimien sijaintitietojen avulla. (Caceres et al. 2007).

Heikohko paikannustarkkuus, mahdollisesti hyvä havainnointiaste

Matkapuhelinverkon hyödyntämistä liikennetiedon tuottamiseen on tutkittu 2000-luvun alusta lähtien. Tutkimuksista on saatu verrattain positiivisia tuloksia menetelmän käytettävyydestä etenkin määränpää- sekä matka-aikatarkasteluihin. Menetelmän on todettu tuottavan luotettavaa dataa moottoriajoneuvojen osalta esimerkiksi määränpäättutkimuksissa (mm. Bonnel et al. 2015) ja matka-aikatutkimuksessa (Kujala et al. 2016). Tutkimusta matkapuhelinverkon hyödyntämisestä jalankulku- tai pyöräliikenteen laskentaan ja tutkimiseen ei juuri ole saatavilla.

Erityisesti satelliittipaikannukseen (GPS) verrattuna matkapuhelinpaikannuksen tarkkuus on karkeaa ja sen sovellutuskohteet liikennetiedon tuottamisen saralla ovat siten rajalliset. Matkapuhelinverkkopaikannuksella ei saada täysin tarkkaa tietoa kuljetusta reitistä mutta sen avulla nähdään ne tukiasemat, joiden alueella liikkuja on kulkenut (Pastinen et al. 2017). Tukiasemaverkostot ovat tukiasemakartan (Cellmapper 2017) pe-

rusteella pienempienkin kaupunkien ydinkeskustojen alueella hyvin tiheitä, joten kulkutietoa voidaan saada vähintään muutaman sadan metrin tarkkuudella. Toisaalta jalan- kulkua ja pyöräliikenteen kannalta oleellista lienee pohtia, onko tämä tarkkuus tarpeeksi suuri. Erityisesti lyhyet kävelymatkat saattavat jäädä yhden tukiasemasolun sisäiseksi matkaksi, eikä niitä näin ollen tällä menetelmällä havaita (Pastinen et al. 2017).

Kuten missä tahansa laskentamenetelmässä, tekniikan kehitys vaikuttaa suuresti myös matkapuhelinverkkopaikannuksen tarkkuuteen. Mielenkiintoista kyllä, itse matkapuhelinverkkotekniikan kehittyminen tiedonsiirron eli sen ensisijaisen tehtävän näkökulmasta on itse asiassa osittain heikentänyt menetelmän käytettävyyttä paikannukseen. Siirryttäessä toisen sukupolven 2G-verkosta kolmannen sukupolven 3G-verkon käyttöön mahdollistui matkapuhelimen yhtäaikainen ”keskustelu” usean tukiaseman kanssa (Rai- nio 2003). Tiedonsiirron kannalta kehitys on suotuisa, sillä näin tiedonsiirron laatu säilyy hyvänä, vaikkei lähimmän tukiaseman signaali sattuisi olemaan voimakas. Matka- puhelinsoluun perustuvaa paikannusta tämä kehitys puolestaan hankaloittaa, sillä puhe- limen pitäessä yhteyttä useaan tukiasemaan kerralla ei voida enää varmuudella todeta, minkä tukiaseman alueella puhelin todellisuudessa sijaitsee.

Matkapuhelinverkkopaikannuksella on potentiaalia saavuttaa paljon liikkujia, sillä matkapuhelimia pidetään yleisesti hyvin mukana, joten varsin monista matkoista saadaan menetelmän avulla tietoa (Pastinen et al. 2017). Erityisesti matkapuhelinverkon kehitty- neemmät sukupolvet palvelevat nykyisin muitakin laitteita kuin vain matkapuhelimia, mikä tekee verkkopaikannuksesta liikennetiedon tuottamisen kannalta laaja-alaisen tie- donkeruumenetelmän. Toisaalta menetelmän kyky havainnoida erilaisia laitteita johtaa siihen, ettei havaittujen signaalien määrä välttämättä vastaa todellista liikkujien määrää, kun yhdellä liikkujalla voi olla mukanaan esimerkiksi älypuhelin ja tabletti. Toisaalta liikkujat, joilla ei ole yhtään matkapuhelinverkkoon kytkeytyvää laitetta mukanaan, jää- vät havaintojen ulkopuolelle. Kirjallisuusselvityksen aikana ei tullut esille tutkimuksia siitä, kuinka hyvään havainnointiasteeseen menetelmällä päästään. Havainnointiasteet ovat tärkeitä, kun pohditaan menetelmän käytettävyyttä halutussa tiedonkeruutilantees- sa: huomattavan pienet havainnointiasteet voivat olla hyväksyttävämpiä esimerkiksi matka-aikatutkimuksissa kuin vaikkapa tietyn väylän huipputuntilaskennassa, jossa päämääränä on ideaalitilanteessa havainnoida jokainen liikkuja tai ajoneuvo.

Edullinen toteuttaa, huono saatavuus

Matkapuhelinverkkopaikannuksen etuna on erityisesti sen verrattain pienet teknologiaan liittyvät kustannukset. Tiedonkeruulinfrastruktuuri ei sinänsä vaadi investointeja, sillä matkapuhelinverkot ovat jo olemassa ja kuten todettua, erityisesti Suomessa hyvin kattavia. Matkapuhelinverkon hyödyntämisen kokonaiskustannuksia on vaikea arvioida, sillä menetelmä ei ole sellaisenaan ollut vielä Suomessa käytössä. On kuitenkin selvää, että paikannuksen järjestämisen tuodessa verkko-operaattorille lisäkuluja, haluaa ope- raattori myös edelleen laskuttaa keräämänsä paikkatiedon käyttäjää (Pastinen et al.

2017). Koska tarvittava infrastruktuuri ja itse liikennetietokin on jo olemassa, menetelmällä on potentiaalia olla kustannustehokas ja sen kustannukset riippunevat operaattoreiden kanssa tehtävistä sopimuksista.

Kuten aiemmin todettiin satelliittipaikannuksen osalta, myös matkapuhelinverkon sijaintitietojen käyttäminen liikennetiedon tuottamiseen vaatii erityisesti datankäsittely- ja analysointiin liittyvää osaamista. GPS-paikannuksesta poiketen matkapuhelinverkko-paikannukseen perustuvaa liikennedatan tuottamista tarjoavia palveluja ei juuri ole, joten menetelmän saatavuus on ainakin vielä huono.

Menetelmän käyttökokemukset Suomessa

Suomessa menetelmän sovellutusta on suunniteltu esimerkiksi vuonna 2014, jolloin Liikennevirasto tunnusteli mahdollisuuksia käyttää Soneran (nykyisen Telian) matkapuhelinverkon muodostamia paikkatietoja autoilijoista. Liikenneviraston Juuso Kummalala (2017) kertoi tarkoituksen tuolloin olleen mitata autoilijoiden matka-aikoja liikenteen sujuvuuden ja mahdollisten häiriöiden tunnistamiseksi. Palvelua ei Kummalan mukaan kuitenkaan saatu, erinäisistä haasteista johtuen, aloitettua. Liikennevirasto on vuoden 2017 kesäkuussa jättänyt hankintailmoituksen uudesta samankaltaisesta palvelusta, jonka tavoitteena on ”*hankkia Liikenneviraston ja neljän kaupungin (Helsinki, Tampere, Oulu ja Turku) liikenteen hallinnan sekä liikennesuunnittelun tarpeisiin matkakatietopalvelu*” (Hankintailmoitus 2017-014851). Hankintailmoituksessa ei rajata käytettäviä tekniikoita, mutta Kummalan mukaan matkapuhelinverkon sijaintitietojen käyttö on edelleen yksi mahdollisuuksista

6.4.3 Liki- ja lähiverkkopaikannus

Lähiverkkopaikannuksella viitataan tässä työssä langattomaan liki- tai lähiverkkopaikannukseen. Erilaisia lähiverkkopaikannuksen protokollia on useita, mutta tässä työssä keskitytään WLAN- ja Bluetooth-protokolliin, sillä näihin tekniikoihin vaikuttaisi kohdistuvan suurin mielenkiinto liikennetiedon keruun saralla. Protokollien esittelyn jälkeen kumpaankin mainittuun protokollaan viitataan yhteisesti lähiverkko-termillä.

WLAN

WLAN (*Wireless Local Access Network*) on lähiverkkotekniikka, jolla verkkolaitteet voidaan yhdistää toisiinsa ilman kaapeleita (Waadt et al. 2010). Tyypillinen sovellutus on tietokoneen tai kannettavan laitteen eli päälaitteen yhdistäminen langattoman tukiaseman kautta kiinteään tietoliikenneyhteyteen, jolloin muodostetaan langaton internet-yhteys. Tekniikan kehittyessä yhä useampi laite yhdistetään WLAN-verkkoon ja tänä päivänä liikkuja voi kantaa mukanaan useampaakin laitetta, jotka aktiivisesti etsivät tai ovat yhteydessä ympäristön WLAN-verkkoihin.

Bluetooth

Bluetooth on niin ikään lyhyen kantaman radioteknologiaan perustuva tiedonsiirtotekniikka (Waadt et al. 2010) esimerkiksi älypuhelimien ja kuulokkeiden tai älyrannekkeen ja tietokoneen väliseen langattomaan tiedonsiirtoon. Bluetooth-yhteys kahden laitteen välillä syntyy, kun niiden välille muodostetaan niin kutsuttu yhteenliitäntä. Abedi et al. (2012) huomauttavat, että paikannuksen kannalta on tärkeää huomata, että bluetooth-laitte voi olla kolmessa tilassa: pois päältä, päällä (näkyvä) ja päällä (näkymätön). Laitteen bluetooth-toiminnon ollessa päällä muttei liitettyä yhteen toisen bluetooth-laitteen kanssa, se on näkyvä-tilassa. Kun yhteys toiseen laitteeseen on muodostettu, molemmat laitteet siirtyvät näkymätön-tilaan. Liikennetiedon keruun kannalta ero on tärkeä, sillä vain näkyvä-tilassa olevaa laitetta voidaan havainnoida lähiverkkosensoreilla.

Lähiverkkopaikannuksen hyödyntäminen liikennetiedon keräämiseen

Lähiverkkoja käyttävien kannettavien laitteiden kuten älypuhelimien, tablettien ja kannettavien tietokoneiden yleistymisen tarjoaa mielenkiintoisen mahdollisuuden liikenteen seurantaan. Kannettavat laitteet lähettävät ja vastaanottavat radiosignaalia, jonka mukana kulkee tieto laitteen MAC-osoitteesta (*Media Access Control Address*), joka on jokaiselle laitteelle yksilöllinen tunnistetieto. MAC-osoitteita tunnistava sensori havaitsee ja rekisteröi laitteen signaalin, jonka voimakkuuden perusteella pystytään arvioimaan muun muassa kannettavan laitteen etäisyys sensorista ja tämän avulla myös laitteen nopeus. Asentamalla tutkimusalueelle useita sensoreita ja tulkitsemalla samasta MAC-osoitteesta tehtyjä havaintoja voidaan kerätä liikkumistietoja laitetta kantavista liikkujista. (Böhm 2016). Esimerkki kannettavien laitteiden MAC-osoitteita havaitsevista sensoreista asennettuna liikenneympäristöön on esitetty kuvassa 23.



Kuva 23. WLAN- ja bluetooth-sensorit asennettuna kävelykadulle. (Böhm 2016).

Kannettavien laitteiden jäljitystä ihmisten liikkeiden analysointiin on käytetty ja tutkittu 2000-luvun alusta asti. Ensimmäinen sen sovellutus otettiin käyttöön vuonna 2003 eräässä tanskalaisessa eläintarhassa, jossa vanhemmat pystyivät tarkkailemaan bluetooth-laitetta kantavien lastensa liikkeitä eläintarhan alueella (Yoshida 2003). 2010-luvulla tutkimus kannettavien laitteiden käytöstä erityisesti liikennetiedon hankkimiseen on ollut aktiivista ja menetelmää on onnistuneesti sovellettu esimerkiksi moottoriajoneuvoliikenteen nopeuden mittaamisessa. Tekniikkaa on hyödynnetty jossain määrin myös jalankulkijoiden havainnointiin mutta rajatuilla alueilla kuten ostoskeskuksissa (Abedi et al. 2015) ja joukkoliikenneasemilla (Pels et al. 2010).

Vuonna 2010 Stange et al. tutkivat bluetooth-laitteiden soveltuvuutta jalankulkijoiden liikkeiden analysointiin Formula 1 Nürburgringin GP-kilpailussa. Tutkimuksessa tapahtuma-alueelle luotiin 27 sensorin verkko, jonka avulla havaittiin reilu 12 000 kannettavaa laitetta ja näin saatiin tietoa vierailijoiden reittivalinnoista kisa-alueella sekä sen ympäristössä. Vaikka tapahtuma-alue olikin rajattu, on se kokonsa puolesta hyvin verrattavissa suomalaisen keskisuuren kaupungin ydinkeskustaan: Nürburgringin tutkimusalue oli karkeasti mitattuna noin 1-2 km². (Stange et al. 2011). Toki liikkumisen ja toiminnan laatu vaihtelevat näillä alueilla niin, ettei onnistunut bluetooth-mittaus tutkimuksen tapahtuma-alueella välttämättä tarkoita menetelmän soveltuvan sellaisenaan myös kaupunkien keskusta-alueen kävelyn ja pyöräilyn mittaamiseen. Silti tutkimustulos antaa positiivisen viitteen siihen, että menetelmä soveltuu laajuutensa puolesta kaupungin ydinkeskustan kävely- ja pyöräliikenteen tiedonkeruuseen.

Antennista riippuva paikannustarkkuus, heikko havainnointiaste

Lähiverkkopaikannukseen perustuvan menetelmän tuottaman liikennetiedon tarkkuus on vahvasti riippuvainen sensorin antenniteknologiasta, erityisesti antennin kantavuudesta ja asemoinnista. Pidempikantoinen antenni luonnollisesti mahdollistaa lyhytkantoisempaa antennia suuremman tutkimusalueen ja kerää näin enemmän liikkujahavaintoja mutta on myös herkempi taustamelulle. (Abedi et al. 2015). Taustamelu aiheutuu muun muassa sensorin havainnointialueella olevista kiinteistä laitteista kuten asuntojen ja toimistojen sisällä olevista tulostimista, tietokoneista ja älytelevisioista, jotka vääristävät kerättyä liikennedatata. Osa näistä taustamelusignaaleista saadaan karsittua pois tarkkailemalla signaalien esiintyvyyttä ja kulkunopeutta. Esimerkiksi Böhm (2016) ja Shlayan et al. (2016) seuloivat tutkimuksissaan keräämästään liikennelaskentadatatista pois ne MAC-osoitteet, jotka esiintyivät havaintoaineistossa pitkiä ajanjaksoja ja jotka pystyttiin näin tulkitsemaan taustamelusignaaleiksi.

Liikkuvien kannettavien laitteiden MAC-osoitteiden havaitsemisessa on tietty viive, joka voi olla 1 sekunnista jopa reiluun 10 sekuntiin. Koska nopeammat liikkujat voivat ehtiä havainnointialueen ulkopuolelle viiveen aikana, eivät kaikkein lyhytkantoisimmat antennit sovi erityisesti pyöräilijöiden seurantaan. Pidempikantoiset antennit puolestaan rekisteröivät taustamelusignaaleja, jolloin niiden tuottaman datan käsittely vaatii enem-

män korjauksia verrattuna pienikantoisen antennin tuottamaan dataan. (Abedi et al. 2015).

Taustamelun lisäksi lähiverkkopaikannuksen avulla tehtyjä liikkujahavaintoja vääristää se, ettei havaittujen signaalien määrä välttämättä vastaa todellista liikkujien määrää. Liikkujalla voi olla mukanaan useampi kuin yksi kannettava laite tai mahdollisesti ei yhtään. Tutkimukset osoittavat, että bluetooth-laitteiden havainnointiaste on noin 0,3 – 5 % (Abedi et al. 2015; Böhm 2016) ja WLAN-laitteiden havainnointiaste noin 9 – 41 % (Abedi et al. 2015; Böhm 2016; Malinovskiy et al. 2012) riippuen molemmissa tapauksessa hieman antenniteknologiasta ja sensoreiden määrästä. Lähiverkkopaikannukseen perustuvan sensorin kyky tuottaa luotettavaa liikennelaskentaa on hyvin alhainen verrattuna esimerkiksi perinteisempiin konelaskentamenetelmiin. Alhaisesta havainnointiasteesta huolimatta lähiverkkopaikannuksen avulla pystytään melko onnistuneesti arvioimaan yleisiä liikkumisen trendejä (Böhm 2016; Malinovskiy et al. 2012).

Huonohkon havainnointiasteen lisäksi havainnoidut liikkujat eivät välttämättä tarjoa edustavaa otosta kaikista kaupungin liikkujista, sillä lähiverkkoa käyttävän teknologian käyttäminen on mahdollisesti suositumpaa nuorempien liikkujien keskuudessa. Teknologian käyttöön perustuvassa liikennetiedon keruussa teknologiaa käyttämättömät liikkujat jäävät tutkimuksen ulkopuolelle.

Vaadittavat resurssit

Kuten muutkin paikannukseen perustuvat menetelmät, myös lähiverkkopaikannuksen avulla tehtävä liikennelaskenta on todennäköisesti infrastruktuurin ja laitteiston hankinnan kannalta edullinen ratkaisu. Haasteena on kuitenkin menetelmän saatavuus, joka vaikuttaa ainakin vielä olevan erityisesti jalankulku- ja pyöräliikenteen osalta heikko. Kannettavien laitteiden havainnointiin perustuvia liikennelaskentoja tarjoavia palveluita on markkinoilla muutamia mutta suurin osa näistä on keskittynyt moottoriajoneuvoliikenteen laskentaan. Joissain tapauksissa menetelmää käytetään myös jalankulkijoiden havainnointiin sisätiloissa mutta pyöräilijöiden erottelu kävelijöistä on edelleen hankalaa. (Thodberg Larsen 2017). Vaikka tutkimustulokset (mm. Böhm 2016) viittaavat siihen, että menetelmällä kyetään erottelamaan kävelijät pyöräilijöistä siedettävällä tarkkuudella, ei kävelyn ja pyöräilyn erilliseen laskentaan kykenevää kaupallista palveluntarjoajaa löytynyt tämän diplomityön selvityksen yhteydessä yhtäkään.

Kustannusarviota jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden laskentaan sopivasta lähiverkkopaikannukseen perustuvasta palvelukokonaisuudesta ei ymmärrettävästi ollut työn tekemisen yhteydessä saatavissa. Yksi bluetooth-sensori maksaa noin 20 – 25 e (Ruuvi Innovations), joten menetelmän voidaan olettaa olevan melko edullinen verrattuna kiinteisiin konelaskimiin, joiden laitehankintahinnat ovat menetelmästä riippuen keskimäärin noin 2 500 – 10 000 e.

Lähiverkkopaikannukseen vaadittavien sensoreiden asentaminen liikenneympäristöön on helppoa. Sensori asennetaan suojakotelossa esimerkiksi liikenne- tai katuvalopylvääseen, mieluiten noin 3 – 4 metrin korkeuteen, jolloin sensorin ympäristö on mahdollisimman häiriintymätön ja se on myös suojassa mahdolliselta ilkivallalta. Liikennevalopylväs toimii myös jatkuvana virranlähteenä sensorille. (Perttunen et al. 2015).

6.4.4 Yksityisyydensuoja ja hyväksyttävyys

Jäljitykseen perustuvien liikenteen seurantamenetelmien tuottaman paikkatiedon virheen ollessa parhaimmillaan vain muutamia senttejä, liittyy tiedon keräämiseen ymmärrettävästi kysymyksiä liikkujan yksityisyydensuojasta sekä kerätyn tiedon väärinkäytön mahdollisuuksista. Oman yksityisyyden menettäminen on Pastisen (2017) suorittaman kyselyn mukaan suomalaisten suurin huoli liikkujien paikannukseen perustuvassa liikennetutkimuksessa. 15 % kyselyn vastaajista kertoi kieltäytyvänsä ehdottomasti matkapuhelinverkkopaikannuksen avulla tehtävästä liikennetutkimuksesta ja 26 % arveli olevansa melko varma siitä, ettei osallistuisi. Tutkimukseen varauksellisesti suhtautuneiden suurimmat syyt kieltäytymiselle olivat yksityisyyden suojaan liittyvät tekijät (27 %) sekä epäileväinen suhtautuminen seurantaan (23 %).

Tietoyhteiskuntakaareen liittyvän lainsäädännön (7.11.2014/917 160§) mukaan sijaintitietoja saa kerätä, mutta se on anonymisoitava tai paikannettavalta on saatava suostumus tiedon käyttöön. Sijaintitietoja saa käyttää vain käyttötarkoituksen vaatimassa laajuudessa, eikä sillä saa rajoittaa yksityisyydensuojaa enemmän kuin on välttämätöntä. Käsittelyn jälkeen sijaintitiedot on poistettava tai tehtävä sellaiseksi, ettei niitä voida yhdistää paikannettavaan. Esimerkiksi lähiverkkopaikannuksessa käytettävä MAC-osoitteiden kerääminen toteutetaan Suomen lainsäädännön vaatima yksityisyydensuoja täyttäen. MAC-osoitteen anonymisointi takaa sen, ettei yksittäistä osoitetta voida yhdistää liikkujan henkilökohtaisiin tietoihin kuten nimeen tai puhelinnumeroon (Abedi et al. 2013). Väärinkäytön riski on kuitenkin olemassa, joten MAC-osoite voidaan myös salata eli kryptata, jolloin vastaanotettavan signaalin MAC-osoitetta muutetaan ennen kuin se viedään tietokantaan. Näin tietokantaan rekisteröityjä MAC-osoitteita ei voida yhdistää signaalin lähettäneisiin laitteisiin, eikä laitekohtaisia MAC-osoitteita kerrytetä tietokantoihin (Shlayan et al. 2016).

Huolimatta siitä, että liikkujien sijaintitietoja pyritään suojelemaan erilaisin menetelmin, suhtautuu osa liikkujista epäilevästi sijaintitietojensa luovuttamiseen. Huoli ei ole täysin tarpeeton, sillä esimerkiksi laitteen tunnistetietoja vaihtamalla sumennetut liikkumistiedot liikkujan työmatkasta voidaan teoriassa yhdistää avoimesti saatavissa oleviin tietoihin väestön kotiosoitteista, jolloin olisi helpohkoa päätellä kenen liikkeistä kerätyt tiedot kertovat (Herrera et al. 2009). Epäily oman yksityisyyden vaarantumisesta voi motiivoida peittelemään omia liikkumistietoja. Paikannuksen mahdollistavia laitteita tai sovelluksia kytketään pois päältä, omien laitteiden tunnistetietoja vaihdetaan, jotta kahdelta sensorilta saatavia sijaintitietoja ei voi yhdistää samaan matkaan liittyviksi ja tiedon-

kerääjälle voidaan järjestelmällisesti syöttää väärennetyjä sijaintitietoja (Paalijärvi 2013). Vaikka liikkujan omat, yksityisyytensä varjelemiseksi suorittamat toimet ovatkin yksilötasolla hyvin ymmärrettäviä, aiheuttavat tällaiset toimet vääristymiä tutkimustulosten kokonaiskuvaan. Olisikin tärkeää, että tutkimuksen yhteydessä kohderyhmälle eli liikkujille esitettäisiin selkeästi ne keinot, joilla tutkimuksen järjestäjä ottaa huomioon liikkujien yksityisyyden niin, että liikkujat voisivat luottaa yksityisyytensä pysyvän suojattuna.

Vaikka paikannukseen perustuvaan liikennetiedon keruuseen liittyy paljon yksityisyyteen liittyviä tietoteknisiä haasteita ja liikkujien osalta hieman epäilyä omasta yksityisyydensuojasta, ei menetelmää voi kuitenkaan pitää täysin toteutuskelvottomana. Yli puolet (59 %) Pastisen (2017) selvityksen vastaajista uskoi, että he osallistuisivat varmasti tai melko varmasti paikannusmenetelmään perustuvaan liikennetutkimukseen. Nuoret ja nuoret aikuiset uskoivat muita ikäryhmiä varmemmin osallistuvansa tutkimukseen. Voisikin kuvitella, että tulevaisuudessa menetelmän hyväksyttävyyys nousee entisestään uusien ikäluokkien omaksuessa paikannukseen perustuvaa tekniikkaa ja sovelluksia.

6.5 Laskentamenetelmien vertailu

Yllä esitettyjä laskentamenetelmiä vertaillaan alaluvussa 6.1 esitettyjen kriteerien suhteen. Taulukoissa 3 ja 4 vertaillaan jalankulku- ja pyöräliikenteen laskentamenetelmiä tiedon laadun ja vaadittavien resurssien suhteen. Tiedon tallennusta ja -siirtoa kuvaavat kriteerit on jätetty pois, koska laskentasensoreihin liitettävät erilliset yksiköt tiedon varastointia ja -siirtoa varten ovat ennemminkin valmistaja- ja tuotekohtaisia kuin menetelmäkohtaisia. Näitä kriteerejä pohditaan niiden menetelmien osalta, joita ehdotetaan osaksi lopullista tiedonkeruujärjestelmää luvussa 8. Taulukossa 4 esitetyt kustannusarvot on laskettu laitteiden toimittajilta saatujen hinta-arvioiden perusteella.

Taulukko 3. Yhteenveto eri laskentamenetelmien tuottamasta tiedon laadusta.

Menetelmä	Tarkkuus ¹	Soveltuva kulkumuoto			Jatkuva laskenta	Metadata ja muut havainnot	Haasteet
		J	P	Erottelu			
Käsinlaskenta	Hyvä-erinomainen	x	x	x	Ei	Voidaan havainnoida käytännössä mitä vain laskijoiden resurssien puitteissa	Inhimilliset virheet; otoslaskenta ei anna kokonaiskuvaa liikenteestä; hidas
Induktio-silmukka	Erinomainen	-	x	-	Kyllä	Suunta ja nopeus	Rinnakkain kulkevat liikkujat; häiriöt autoista
Aktiivinen infrapunalaskin	Erinomainen	x	x	Ei	Kyllä	Suunta ja nopeus	Lumisade, vesipisarot häiritsevät laskentaa
Passiivinen infrapunalaskin	Erinomainen	x	x	Ei	Kyllä	Suunta ja nopeus	Häiriöitä esim. ajoneuvoliikenteestä; tarkkuus laskee kylmällä ilmalla
Letkulaskin	Hyvä-erinomainen	-	x	-	Ei	Kahdella letkulla saadaan suunta ja nopeus	Ei toimi talviolosuhteissa; herkkä rikkoutumaan
Laser-skanneri	Erinomainen	x	x	Kyllä	Kyllä	Suunta, nopeus ja kulkureitti havainnointialueelta; ympäristöraportteja esim. säätilasta	Ryhmässä liikkuvien havaitseminen; pyörien erottelu mopoista; vaatii jatkuvaa sähkövirtaa tai kestäväää akkua
Mattolaskin ja akustinen sensorilaatta	Ei tutkimustuloksia	x	-	-	Ei	Uusimmat laskimet tunnistavat suunnan ja nopeuden	Ei jäätyneeseen maahan; ryhmässä liikkuvien havaitseminen
Pietsosähköinen laskin	Ei tutkimustuloksia	-	x	-	Ei	-	Ei jäätyneeseen maahan
Tutkalaskin	Ei tutkimustuloksia	x ₂	x	Kyllä	Kyllä	Suunta ja nopeus	Lumisade saatataa haitata laskentaa
Radiosäde	Ei tutkimustuloksia. Hyviä käyttökokeuksia	x	x	Kyllä	Kyllä	Ei tuota metadataa	Ryhmässä liikkuvien havaitseminen
Konenäkö (videokuva)	Tyydyttävä-erinomainen riippuen algoritmista.	x	x	Kyllä. Riippuu algoritmista.	Kyllä.	Mahdollisuus turvallisuusanalyysiin.	Näkyvyys täytyy olla esteetön ja selkeä; suurempien liikkujaryhmien sekä erikoisempien ulkomuotojen tunnistaminen; Akunkesto rajoittaa käyttöaikaa.

Lämpökamera	Tyydyttävä-erinomainen riippuen algoritmista.	x	x	Kyllä	Kyllä	Mahdollisuus turvallisuusanalyysiin.	Lämpökameraan perustuvan laskennan tarjonta huonona.
GPS	Huono	x	x	Kyllä	Kyllä	Tarkka paikka- ja reittitieto	Kulkumuotojen luotettava erottelu hankalaa; vaatii liikkujien osallistamista; tekniikkaa käyttämättömät jäävät ulkopuolelle; tietosuojakysymykset
Matka-puhelinverkko	Huono	x ₃	x ₃	Ei	Kyllä	Liikenteen spatiaalinen jakautuminen	Kulkumuotojen luotettava erottelu hankalaa; tekniikkaa käyttämättömät jäävät ulkopuolelle; tietosuoja
Lähi- ja likiverkko	Huono	x	x	Kyllä	Kyllä	Nopeus- ja reittitietoja useamman sensorin avulla	Huono edustavuus liikenteessä; kulkumuotojen luotettava erottelu; tekniikkaa käyttämättömät jäävät ulkopuolelle; tietosuoja

J = jalankulkija, P = pyöräilijä

¹ Tarkkuuden arviot tehdään tutkimusjulkaisuista kerätyistä menetelmäkohtaisista keskiprosenttivirheen arvioista. Arvoasteikko on: erinomainen (APD = 0 – 10.0 %), hyvä (APD = 10 – 35.0 %), tyydyttävä (APD = 35 – 60.0 %), kohtalainen (APD = 60 – 85.0 %) ja huono (APD = 85 – 100.0 %).

² Epävarma soveltuvuus jalankulun laskentaan erityisesti hitaampien kävelijöiden kohdalla

³ Epävarma soveltuvuus lyhyempien matkojen laskentaan.

Taulukko 4. Yhteenvedo eri jalankulku- ja pyöräliikenteen laskentamenetelmien vaatimista resursseista.

Menetelmä	Asennus	Siirrettävyys	Arvio kustannuksista	Saatavuus
Käsinlaskenta	Ei asennusta	Hyvä	Laskijoiden palkkakustannukset, noin 13 e/h/laskija.	Hyvä
Induktiosilmukka	Vaikea	Huono. Yleensä kiinteä mutta laskenta-koneistoa voidaan siirtää. Puolikestävät silmukat helpompia siirtää.	n. 5 000 e / piste, jossa 2 silmukkaa. Mm. asennuskotelon tyyppi sekä mitä tietoja halutaan mitata, vaikuttaa hintaan.	Hyvä (kiinteät silmukat), huono (puolikiinteät)
Aktiivinen infrapunalaskin	Helppo	Hyvä	Ei tietoa	Huono
Passiivinen infrapunalaskin	Kohtalainen (kiinteä) – helppo (siirrettävä)	Riippuu käytetystä laitteistosta. Pääasiassa kohtalaisen helppo siirtää.	Hankintahinta 3 000 – 6 500 e	Hyvä
Letkulaskin	Helppo	Hyvä	Hankintahinta 3 000 e	Hyvä
Laserskanneri	Helppo	Hyvä	Hankintahinta n. 7 700 e	Ei tietoa
Mattolaskin ja akustinen sensorilaatta	Vaikea	Huono	Ei tietoa	Ei tietoa
Pietsosähköinen laskin	Vaikea	Huono	Ei tietoa	Ei tietoa
Tutkalaskin	Helppo	Hyvä	Hankintahinta 2 500 – 3 000	Hyvä
Radiosäde	Helppo	Hyvä	Hankintahinta 3 000 – 4 000 e. Lisäksi tiedon-siirron ohjelmisto noin 100 e.	Kohtalainen
Konenäkö (videokuva)	Helppo	Hyvä	Hankintahinta: 70 – 4 250 e Videon prosessointi ja analysointi: poikkileikkaus 9 – 10 e/h, liittymä 13 – 15 e/h tai 70 – 80 e/kk riippuen palveluntarjoajasta.	Hyvä
Lämpökamera	Helppo	Hyvä	Ei tietoa	Huono
GPS	Ei asennusta	-	Ei tietoa	Huono – kohtalainen
Matkapuhelinverkko	Ei asennusta	-	Ei tietoa	Huono
Lähi- ja likiverkko	Helppo	Hyvä	Ei tietoa	Huono

7. CASE: ROVANIEMI

Tässä luvussa tutkitaan Rovaniemen kaupungin jalankulku- ja pyöräliikenteen tiedonkeruun nykytilaa. Käsiteltävä tutkimuskysymys on: *Miten jalankulun ja pyöräilyn liikennetiedon keruuta suoritetaan tällä hetkellä Rovaniemellä sekä miten tiedonkeruuta voidaan kehittää kaupungin ydinkeskustassa?* Kysymystä käsitellään tarkastelemalla jalankulun- ja pyöräliikenteen sekä niihin liittyvän tiedonkeruun nykytila. Lopuksi esitellään diplomityön toinen haastattelututkimus, joka osoitettiin Rovaniemen liikennetiedon kanssa työskenteleville asiantuntijoille. Tutkimuksen toteutus, haastatteluun osallistuneet asiantuntijat ja haastattelun tulokset esitellään luvun lopussa. Lopullinen ehdotus Rovaniemen jalankulun ja pyöräliikenteen tiedonkeruujärjestelmäksi annetaan luvussa 8.

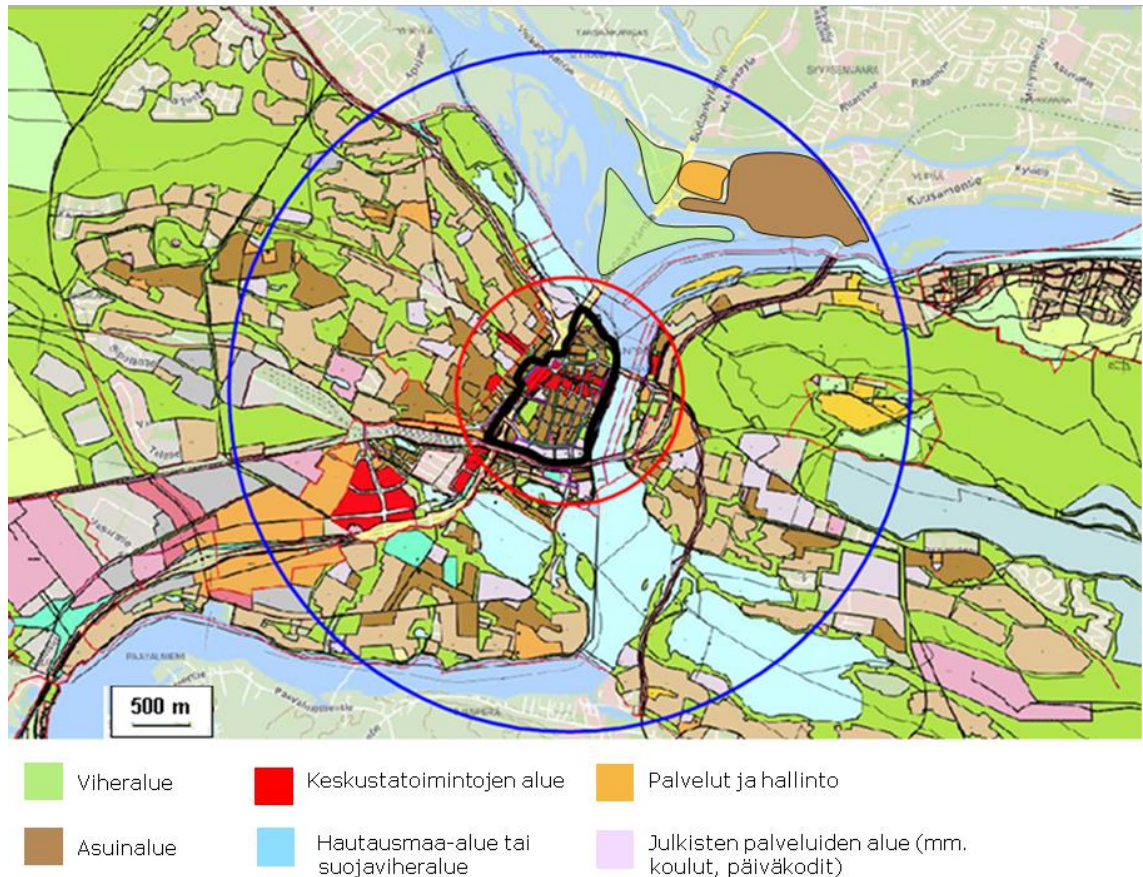
7.1 Maankäyttö ja liikenneverkko

Rovaniemi on reilun 61 000 asukkaan kaupunki, joka on pinta-alaltaan Euroopan suurin, noin 8 000 km² (Rovaniemen kaupunki 2016). Maantieteellisesti kaupunki sijoittuu Lapin maakunnan eteläosaan, noin 200 km Oulusta ja 800 km Helsingistä pohjoiseen. Kaupunki on rakentunut kahden joen, Kemijoen ja Ounasjoen, yhtymäkohtaan. Jokien yli kulkevat sillat (Jätkänsilta sekä niin kutsutut Ounasjoen ja Ounaskosken sillat) muodostavat jalankulku- ja pyöräliikenteelle tärkeän sisäänkäynnin kaupungin ydinkeskustaan.

Kaupungin suuresta pinta-alasta huolimatta huomattavan suuri osa, vajaa 90 %, Rovaniemen asukkaista asuu keskustan suuralueella. Joka viidennellä rovaniemeläisellä kaikki peruspalvelut sijaitsevat alle kilometrin päässä kodista, joka antaa hyvät edellytykset jalankululle. Noin puolella asukkaista kaikki peruspalvelut löytyvät 3 kilometrin säteeltä, jota pidetään kohtuullisena pyöräilyetäisyytenä. (Rovaniemen kaupunki 2016). Kaupungin sisäiset matkat suuntautuvatkin voimakkaasti keskustan suuralueelle (Rovaniemen liikennetutkimus 2012).

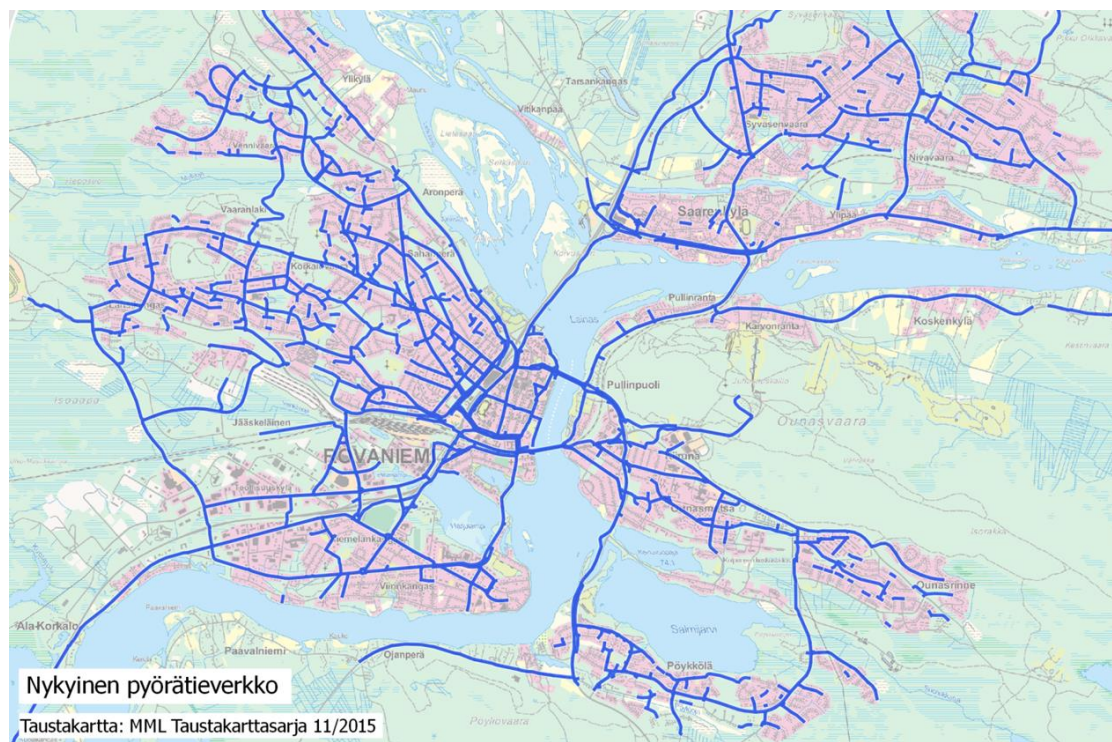
Maankäytöksellisesti Rovaniemen kaupunki on hyvin tiivis. Kuvassa 24 esitetyssä maankäyttökartasta kaupungin käy ilmi, kuinka kaupungin ydinkeskusta koostuu pääasiassa keskustatoiminnoista ja asuinrakennuksista. Ydinkeskustan itäpuolelle jäävä Ounasrinne on pääosin viher- ja virkistysaluekäytössä ja jonkin verran asuinaluekäytössä. Liikenne Ounasrinteen ja keskustan välillä kulkee kahta Ounasjoen ylittävää siltaa pitkin. Kaupungin eteläpuolella, Viirinkankaan alueella, sijaitsevat muun muassa Lapin yliopisto ja Lapin ammattikorkeakoulu sekä huomattava määrä asuinrakennuksia. Kor-

keakoulujen läheisyydestä johtuen Viirinkankaan alue on potentiaalinen alue keskimääräistä korkeammalle jalankulku- ja pyöräliikenteelle. Kaupungin eteläpuolella sijaitsee myös Eteläkeskus, joka on kaupungin keskustaa reunustava kaupp- ja teollisuusalue. Keskustan länsipuolella on Korkalovaaran ympäristössä sijaitsevia asuin- ja viheralueita. Pohjoiseen johtaa valtatie 4, jota pitkin pääsee Saarenkylän ympäristön asuin- ja palvelualueelle. Kuvassa 24 punainen ympyrä kuvaa yhden kilometrin säteistä aluetta ja sininen puolestaan kolmen kilometrin säteistä aluetta. Ydinkeskusta on rajattu kuvaan mustalla.



Kuva 24. Rovaniemen maankäyttökaava. Ydinkeskustan alue on rajattu karttaan mustalla. Punainen ympyrä rajaa ydinkeskustaa ympäröivän kilometrin säteisen alueen, sininen puolestaan 3 kilometrin säteisen alueen. (Muokattu: Rovaniemen kaupungin karttapalvelu.)

Kaupungin jalankulku- ja pyörätieverkosto koostuu yhdistetyistä jalankulku- ja pyöräteistä, jalkakäytävistä sekä kävelykaduista. Erillisiä pyöräteitä tai -kaistoja ei ole. Kaupungin pyörätieverkko on esitetty kuvassa 25. Jalankulkuväyläverkosta ei ole tuotettu erillistä karttaa.



Kuva 25. Rovaniemen pyörätieverkko. (Kuvan lähde: Rovaniemi 2016).

7.2 Liikennetiedonkeruun nykytila

Rovaniemellä jalankulku- ja pyöräliikenteen säännöllinen seuranta on alkanut vuonna 2012 viimeisimmän laajemman liikennetutkimuksen myötä. Tuolloin asukkaiden matkustustottumuksia selvitettiin henkilöhaastatteluilla ja määräpaikkatutkimuksella, joukkoliikennetutkimuksella, työ- ja opiskelupaikkojen liikkumiskyselyllä sekä käsin ja koneellisesti suoritetuilla liikennelaskennoilla. Edellinen vastaavanlainen laajempi liikennetutkimus on toteutettu vuosina 1990–1991. (Rovaniemen liikennetutkimus 2012).

Vuoden 2012 liikennetutkimuksen jälkeen Rovaniemellä on seurattu liikennettä laskentojen avulla kahden vuoden välein. Ensimmäiset seurantalaskennat tehtiin toukokuussa 2015, jolloin jalankulku- ja pyöräliikennettä laskettiin käsin 14 pisteessä keskustan kehällä. Laskentapistet on esitetty kuvassa 26. Uudet seurantalaskennat suoritettiin toukokuussa 2017, jolloin jalankulku- ja pyöräliikennettä laskettiin käsin vastaavissa 14 pisteessä ja yhdessä uudessa pisteessä, jonka sijainti on esitetty kuvan 27 kartassa tähdellä (*).

Lisäksi jalankulku- ja pyöräliikenteen laskentoja on suoritettu otoslaskentana tutkalaskimella vuosina 2012, 2013, 2015 ja 2017 valtatie 4:n ylittävällä jalankulku- ja pyöräliikenteen sillalla. Vuonna 2017 konelaskentaa laajennettiin lisäksi Saarenkylään johtavalle jälkeiselle jalankulku- ja pyöräliikenteen väylälle sekä Jäämerentielle Kemijoen ylittävän Jätkäkynttilän sillan jälkeiselle jalankulku- ja pyöräliikenteen väylälle. Vuo-

den 2017 laskentapisteen on esitetty kartalla kuvassa 26. Automaattilaskennoissa ei eroteltu jalankulkijoita pyöräilijöistä, mikä hankaloittaa tulosten käytettävyyttä.



Kuva 26. Vuoden 2017 jalankulku- ja pyöräliikennelaskentojen laskentapisteen. (Karttapohja: Rovaniemen karttapalvelu).

7.3 Edellisten liikennetutkimusten tuloksia

7.3.1 Liikennemäärät ja kulkutapajakaumat

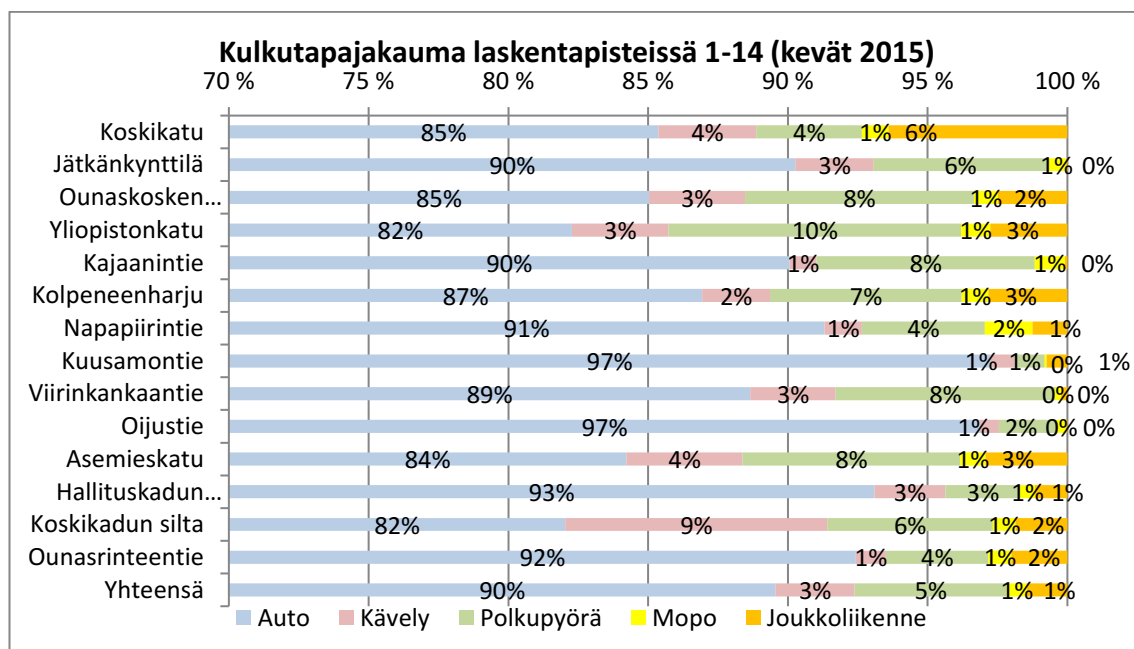
Vuoden 2012 liikennetutkimuksen mukaan yli 5-vuotiaat rovaniemeläiset tekevät arkin yhteensä noin 150 000 matkaa, joista suurin osa on oman kunnan sisäisiä matkoja ja suuntautuu keskustan suuralueelle. Päivittäin kaupungin alueella tehdään noin 27 000 jalankulku- ja 13 500 pyörämatkaa. Kävelyn, pyöräilyn ja joukkoliikenteen yhteenlaskettu kulkutapaosuus oli 32 %. Kirittävää vuoden 2030 tavoitteeseen, eli 52 %:n kävelyn, pyöräilyn ja joukkoliikenteen yhteiseen kulkutapaosuuteen, on siis vielä melko paljon.

Suomalaiselle kaupungille hyvin tyypillisesti suurin osa Rovaniemellä tehtävistä matkoista kuljetaan vuoden 2012 liikennetutkimuksen mukaan autoilla. Kaikista matkoista noin 65 % tehdään henkilöautolla, 18 % kävelen, 9 % polkupyörällä ja 5 % linja-autolla. 1990-luvun alkupuolella tehtyyn tutkimukseen verrattuna henkilöauton kulkumuoto-osuus on kasvanut melkein 15 prosenttiyksikköä. Vastaavasti pyöräilyn osuus on laskenut peräti 20 prosenttiyksikköä. Tutkimusten suorittaminen ajoittui kuitenkin eri vuodenaikoihin vuosien 1990–1991 liikennetutkimuksen ollessa keväällä ja vuoden

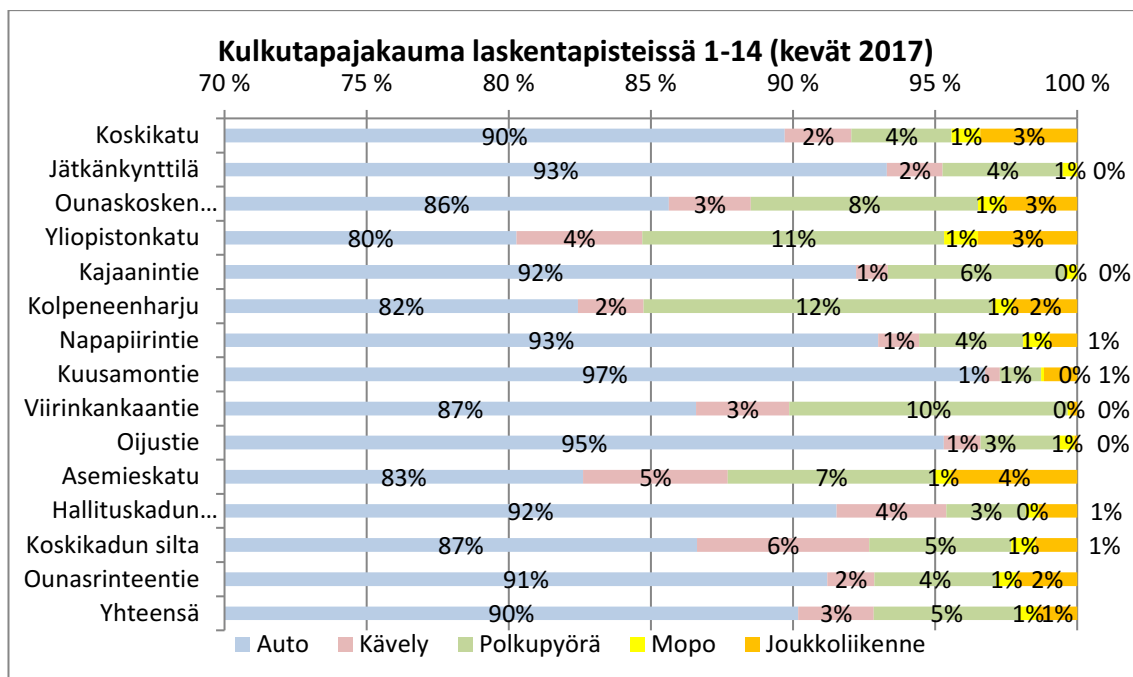
2012 tutkimus syksyllä. Erityisesti pyöräilyllä on voimakas kausiluontoinen vaihtelevuus. Näin ollen näitä kahta liikennetutkimusta tulee verrata toisiinsa kriittisellä otteella. Vuoden 2012 liikennetutkimuksen perusteella näyttää siltä, että kävelyn ja pyöräilyn osuudet ovat Rovaniemellä suunnilleen samaa luokkaa kuin valtakunnallisella tasolla, jolla jalankulun osuus tehdyistä matkoista on noin 20 % ja pyöräilyn osuus 8 % (Liikennevirasto 2012).

Vuonna 2015 Rovaniemellä tehtiin liikennetutkimuksen seurantalaskennat. Kaikki laskentapistet sijaittivat suurkeskustan alueella mutta kaupungin ydinkeskustan ulkopuolella. Tuolloin autoilun osuus kulkutapajakaumasta oli 90 %, kävelyn 3 % ja pyöräilyn 5 %. Vuoden 2017 seurantalaskennoissa kulkutapajakaumassa ei havaittu muutoksia. Vuosien 2015 ja 2017 seurantalaskentojen kulkutapaosuudet toisiaan vastaavissa 14 pisteessä on esitetty kuvissa 27 ja 28.

On huomattava, että vuoden 2012 liikennetutkimuksen ja seurantalaskentojen ero kulkutapajakaumassa on hyvin suuri. Vuoden 2012 liikennetutkimuksen mukaan kävelymatkoja on noin 18 % kaikista matkoista, kun vuoden 2015 ja 2017 laskennoissa niiden osuudeksi saatiin vain 3 %. Tutkimusraportissa selitetään huonoa vastaavuutta sillä, että seurantalaskennoissa laskentapistet on valittu edustamaan autoliikenteen vilkkaimpia kohteita, jolloin todennäköisesti monet jalankulun ja pyöräilyn kannalta oleellisemmat väylät jäävät huomiotta. Laskennat eivät myöskään kata ydinkeskustaa, joka on tyypillinen alue kävelijöille. (Rovaniemen liikennetutkimus 2012).



Kuva 27. Vuoden 2015 seurantalaskentojen kulkutapajakauma. (Rovaniemen liikennetutkimus 2012).



Kuva 28. Vuoden 2017 seurantalaskentojen kulikutapajakauma. (Rovaniemen liikennetutkimus 2012).

Käsinlaskennan lisäksi kävelylle ja pyöräilylle suoritettiin koneellinen laskenta vuoden 2017 laskentojen yhteydessä kolmessa pisteessä yhden viikon ajalta. Yhdessä laskentapisteessä, Riistasillalla, laskentoja on suoritettu useampanakin vuonna mutta tulosten keskeinen vertailukelpoisuus on huono, sillä laskenta-ajankohdat poikkeavat eri vuosien välillä melko paljon.

Vuoden 2017 automaattilaskimilla suoritettujen kävely- ja pyörälaskentojen laskentapistteet on esitetty kuvassa 26 sinisellä ympyrällä. Laskentatulokset kyseisten konelaskentojen kohdalta on esitetty liitteessä F. Koneellisissa laskennoissa jalankulkua ei eroteltu pyöräliikenteestä, mikä hankaloittaa tulosten käytettävyyttä. Rovaniemen laskentapistteistä suurin liikennemäärä kertyy Riistasillalla, jonka yli kulkee noin 2 000 liikkujaa arkipäivässä. Saarenkylän pisteen ohi liikkuu noin 800 ja Jäämerentien pisteen ohi noin 600 liikkujaa arkipäivässä. Jäämerentien laskentapistteen läheisyys ulkoilureittien varrella näkyy suhteellisen korkeana sunnuntain liikkujamääränä. Lisäksi Jäämerentien laskentapistteen tuloksista havaittiin voimakas vuorokaudenaikavaihtelu. Kaupungista pois päin suuntaavan liikenteen osuus on arki-iltapäiväisin noin 24 – 40 % koko vuorokauden liikenteestä. Arkiaamuisin laskentapistteen liikenne ei ole liikenteen suuntautumisen kannalta aivan yhtä polarisoitunut kuin iltapäivisin. Aamuisin kaupunkiin suuntaavan liikenteen osuus on noin 6–20 % koko vuorokauden laskentapistteen ohittavasta liikenteestä.

7.3.2 Matkaryhmät

Rovaniemellä tapahtuvien jalankulku- ja pyörämatkojen matkaryhmät ovat toisiinsa verrattaessa samankaltaisia. Vuoden 2012 liikennetutkimuksen mukaan jalankulku houkuttelee etenkin ulkoilumatkoilla, joista luonnollisesti suurin osa (87 %) taitetaan kävelen. Kävely on suosittua myös koulu- tai opiskelumatkoilla, joista 34 % tehdään jalan. Työmatkoista vain 9 % kuljetaan kävelen. Jalankulun rooli on lisäksi huomattava vierailumatkoilla, joista neljäsosa tehdään kävelen.

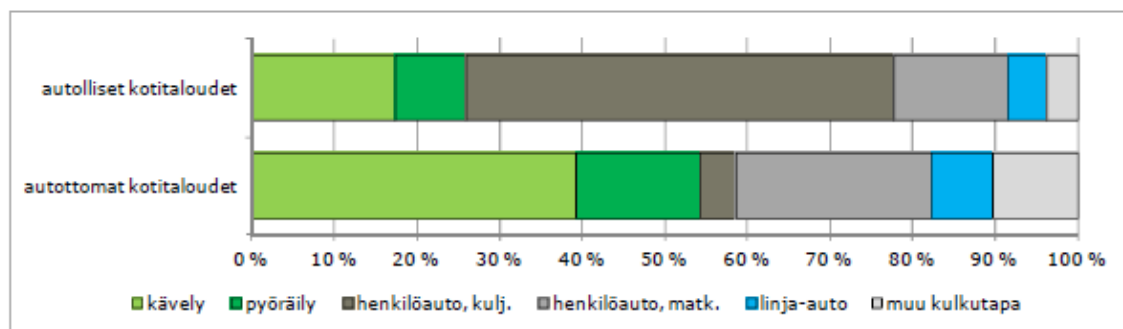
Pyöräilyssä painottuvat erityisesti työ- sekä koulu- ja opiskelumatkat. Työmatkoista 14 % sekä koulu- ja opiskelumatkoista 17 % tehdään pyörällä. Mielenkiintoista on, että työmatkat tehdään tyypillisemmin pyörällä kuin kävelen. Pyöräilyn tutkimisessa ja edistämisessä kannattanee panostaa erityisesti työmatkaliikenteen mittaamiseen sekä työelämässä olevien asenteisiin.

7.3.3 Jalankulun ja pyöräilyn kulkutapavalintaan vaikuttavat seikat

Liikennetutkimuksen perusteella kävelyn ja pyöräilyn kulkumuoto-osuuteen vaikuttavat erityisesti vuodenaika ja sääolosuhteet. Kesällä päivittäin tai useammin pyöräilevien osuus on yli kaksi kertaa suurempi talvella pyöräileviin verrattuna. Jopa 72 % rovaniemeläisistä ei pyöräile lainkaan talvisin, kun kesällä pyöräilemättömien osuus on 22 %.

Toinen merkittävä jalankulun ja pyöräilyn kulkutapavalintoihin vaikuttava tekijä vaikuttaisi olevan kotitalouksien auton omistus, kuten kuvasta 29 nähdään. Autottomissa kotitalouksissa asuvat tekevät vajaa 40 % matkoistaan kävelen ja noin 15 % pyörällä. Vastaavasti autollisissa kotitalouksissa kävelen suoritetaan vain vajaa 20 % ja pyörällä reilu 5 % matkoista. Auton omistus vaikuttaa siis nostavan kynnystä lähteä matkaan jalan tai pyörällä. Valtaosa työssäkäyvistä (64 %) ja reilu kolmasosa opiskelevista vastaajista raportoi auton olevan heidän käytettävissään aina tai melkein aina. Vastaavasti jopa 30 % vastaajista totesikin, etteivät he koskaan liiku mitään tekemistään matkoista kokonaan kävelen. Pyöräilylle tutkimuksessa ei esitetty aivan vastaavaa kysymyksen asettelua mutta lähes puolet (46 %) vastaajista ilmoitti, ettei koskaan pyöräile töihin edes keisäisin. Talvisin pyörän kotiin jättävien osuus on kolme neljäsosaa töihin liikkujista.

Liikennetutkimuksessa kysyttiin myös vastaajien omia mielipiteitä siihen, mikä vaikuttaa pyöräilyn kulkutavan valintaan. Tyypillisimmät syyt pyöräilyyn ovat terveydelliset syyt ja liikkumisen vapaus. Vastavuoroisesti syyt valita pyörän sijasta muu kulkumuoto ovat matkan pituus, matkan raskaus, tavaroiden tai lasten kuljettamisen vaikeus sekä väylien huono kunnossapito ja kunto. Syitä kävelettömyyteen tutkimuksessa ei selvitetty.



Kuva 29. Autollisissa ja autottomissa kotitalouksissa asuvien kulkutapajakauma.
Auton omistus vaikuttaa vähentävän jalankulku- ja pyöräliikenteen valitsemista.
(Rovaniemen liikennetutkimus 2012).

Liikennetutkimuksesta saadut havainnot kävelyyn ja pyöräilyyn vaikuttavista tekijöistä Rovaniemellä mukailevat osin niitä tekijöitä, jotka nostettiin asiantuntijahaastatteluista esille luvussa 3. Asiantuntijat olivat yhtä mieltä siitä, että matkan pituus sekä väylien suunnittelu ja kunnossapito ovat avaintekijöitä, jotka vaikuttavat kävelyn ja pyöräilyn suosioon. Myös asenteet ja mielipiteet listattiin asiantuntijoiden toimesta yhdeksi tärkeimmäksi kävelyyn ja pyöräilyyn vaikuttavaksi tekijäksi. Rovaniemen liikennetutkimuksessa esille tuotu autonomistuksen vaikutus kulkumuodon valintaan kuvastaa hyvin liikkujien asenteita: kävely tai pyöräily on potentiaalinen vaihtoehto useille liikkujille vasta silloin, kun kotitaloudessa ei ole käytössä henkilöautoa.

7.4 Rovaniemen haastattelututkimuksen tulokset

Diplomityön tarkoituksena on luoda toimintasuunnitelma Rovaniemen jalankulku- ja pyöräliikenteen tiedonkeruujärjestelmän toteutuksesta. Rovaniemen nykyiseen jalankulku- ja pyöräliikenteen tiedonkeruuseen liittyvien haasteiden ja hyvien käytäntöjen ymmärtämiseksi toteutettiin haastattelututkimus. Haastattelututkimuksen toteutus esitellään tarkemmin alaluvussa 2.1.3. Seuraavassa käsitellään haastattelun keskeisimmät tulokset.

7.4.1 Nykyisen liikennetiedonkeruujärjestelmän haasteet

Yhteenvedona tehdyistä haastatteluista voidaan esittää seuraavat jalankulku- ja pyöräliikenteen nykyisen tiedonkeruujärjestelmän ongelmakohdat:

- tunnuslukujen asettamisen haasteellisuus,
- liikennelaskennat eivät kata kaupungin ydinkeskustaa,
- otoslaskenta ei kuvaa liikennettä kokonaisvaltaisesti,
- tuotetun liikennetiedon tarkoituksenmukainen käyttö on haastavaa,
- asukkaiden ja matkailijoiden liikennejärjestelmään liittyviä kokemuksia ja mielipiteitä ei tunneta ja
- liikennetiedon jakaminen sidosryhmille on haastavaa

Näiden ongelmakohtien ratkaiseminen otetaan yhdeksi tavoitteeksi luodessa kaupungille esitystä ja toimintasuunnitelmaa jalankulku- ja pyöräliikenteen liikennetiedon tuottamiselle. Kaksi viimeistä haastetta eli asukkaiden ja matkailijoiden mielipiteiden keräämiseen sekä sidosryhmille kohdistettuun viestintään liittyvät haasteet joudutaan jättämään tarkemman käsittelyn ulkopuolelle työn rajallisuuden vuoksi. Nämä muodostavat kuitenkin mielenkiintoisia jatkotutkimustarpeita, joihin Rovaniemellä tulisi ehdottomasti tarttua. Seuraavassa esitellään jokainen Rovaniemen nykyiseen liikennetiedonkeruujärjestelmään liittyvä haaste hieman tarkemmin.

1. Tunnuslukujen asettamisen haasteellisuus

Kaikissa haastatteluissa nousi esille jalankulku- ja pyöräliikenteen tunnuslukujen muodostamiseen liittyviä haasteita. Rovaniemellä ei ole käytössä selkeitä mittareita, joilla kaupungin ja muiden organisaatioiden omaa toimintaa sekä kävelyn ja pyöräilyn edistämisen onnistumista voitaisiin objektiivisesti mitata. Verrosen mukaan toiveena onkin saada konkreettista tietoa siitä, miten kävelyn ja pyöräilyn suhteellinen käyttö ydinkeskustan alueella kehittyy ja tutkia toimenpiteiden vaikutusta. Haastateltavat pohtivat toiveita vastaavan mittariston kertovan keskustan sisäisten matkojen sekä työ- ja koulumatkojen kävely- ja pyöräilymääristä, asukkaiden sekä turistien mielipiteistä sekä kunnossapidon laadusta.

2. Liikennelaskennat eivät kata kaupungin ydinkeskustaa

Raappana mainitsi liikenteen laskentojen tuottamien kävelyn ja pyöräilyn kulkutapaosuuksien olevan alakanttiin verrattaessa niitä henkilöliikennetutkimuksesta saatuihin kulkutapaosuuksiin. Tästä on päätelty, että suurin osa jalankulku- ja pyöräliikenteestä tapahtuu ydinkeskustan alueella, johon tähän asti toteutetut liikennelaskennat eivät ole ylettyneet.

Raappana kertoi ydinkeskustan liikennetiedon puuttumisen synnyttävän ongelmia erityisesti, kun kaupungin keskustaa pyritään muuttamaan kävelypainotteisemmaksi. Etenkin keskusta-alueen yrittäjät kokevat autoilun vähentämisen vahingoittavan liiketoimintamahdollisuuksia. Yrittäjien tiedonpyyntöihin autoilun vähentämiseen johtuvista syistä joudutaan Raappanan mukaan vastaamaan usein ”mututuntumalta” eli nojaten epätieteellisiin perusteluihin ja karkeisiin arvioihin. Myös Verronen mainitsi ”mututuntuman”, jonka avulla puutteellista tietoa keskustan kävely- ja pyöräliikenteen määristä joudutaan korvaamaan esimerkiksi väylien suunnittelussa ja projektien priorisoinnissa. Ongelmia on Verrosen mukaan odotettavissa erityisesti silloin, kun näitä arvioita tekevien virkamiesten ja suunnittelijoiden sukupolvi vaihtuu.

3. *Otoslaskenta ei kuvaa liikennettä kokonaisvaltaisesti*

Otoslaskennalla saatujen tulosten riippuvuus ulkoisista tekijöistä koettiin yleisesti ongelmalliseksi. Liikenteen vaihteluja ei saada käsin tehtävällä otoslaskennalla huomioitua ja laskentatulokset voi olla jopa vertailukelvoton edellisten vuosien tulosten kanssa, jos olosuhteet ovat mittauspäivien välillä kovin erilaisia. Raappanan toiveena olikin referenssiaineisto, jonka avulla ulkoisia muuttujia voitaisiin huomioida edes jollain tasolla, ja näin sekä tarkastaa että tarvittaessa korjata käsinlaskentatuloksia.

Alapeterin mukaan ELY-keskuksen näkökulmasta otoslaskenta ei ole kovin ongelmallista. Systemaattiset jalankulun- ja pyöräilyn otoslaskennat vakioiduissa pisteissä olisivat itse asiassa edistystä nykyiseen.

4. *Tuotetun liikennetiedon tarkoituksenmukainen käyttö on haastavaa*

Raappana ja Alapeteri kokivat, että usein oman organisaation käytössä oleva liikennetutkimusten tulos vaatii jonkin verran tai paljon tulosten analysointia, eivätkä organisaatioiden omat resurssit riitä tähän. Raappanan mukaan liikennetietoa kerätään enemmän kuin sitä ajan ja osaamisen puitteissa kyetään käyttämään hyväksi. Liikennetiedon tuottamista ei sinänsä nähdä ongelmalliseksi tai turhaksi mutta tiedon esittämisen muotoa täytyisi kohdentaa paremmin organisaation tarpeiden mukaisesti.

5. *Asukkaiden ja matkailijoiden liikennejärjestelmään liittyviä kokemuksia ja mielipiteitä ei tunneta*

Kaupungin asukkaiden ja vierailijoiden liikennejärjestelmään ja sen toimivuuteen liittyvä kokemusten ja mielipiteiden tutkiminen on haastavaa. Palautetta erityisesti kunnossapidosta tulee jonkin verran mutta erityisesti muut kehitysehdotukset ja positiivinen palaute ovat vähäistä. Alapeterin mukaan erityisesti koulu- ja vanhemmilta saadaan jonkin verran havaintoja koulumatkojen turvallisuuteen liittyen. Raappanan mukaan jalankulkuun ja pyöräilyyn liittyviä mielipiteitä olisi tarpeellista saada kerättyä asukkailta entistäkin tehokkaammin ja toteuttaa mielipidekyselyitä myös kaupungissa vieraileville matkailijoille.

6. *Liikennetiedon jakaminen sidosryhmille on haastavaa*

Raappana ja Alapeteri kertoivat saavansa jonkin verran erityisesti liikennemääriin liittyviä tietokyselyjä, vaikkakin ELY-keskuksessa tällaiset tietokyselyt ovat olleet Alapeterin mukaan viime vuosina vähenemään päin. Yleensä kysyjälle lähetetään kyselyn kohdealueeseen liittyviä liikennetutkimustuloksia, vaikkapa jalankulkijoiden määrä edellisistä liikennelaskennoista. Raappanan kertoo tietokyselyiden liittyvän useimmiten erilaisiin hankkeisiin, etenkin kaavoitukseen sekä kerrostalorakentamiseen liittyen. Myös kaupalliset toimijat ovat olleet jossain

määrin kiinnostuneita alueellisista liikennemääristä, erityisesti ajoneuvoliikenteen vähenemiseen tähtäävien toimien vaikutuksesta alueen liiketoimintapotentiaaliin.

Tiedonjaon jonkintasoisen automatisointi koettiin mielenkiintoiseksi mahdollisuudeksi. Palvelun avulla sidosryhmät voisivat itse tutkia liikennetietoja vaikka pa internet-selaimen välityksellä. Vesajoki painottikin, että tärkein kohderyhmä liikennetiedolle ovat liikenteen käyttäjät. Huomiota tulisi Raappanan mukaan kuitenkin kiinnittää siihen, etteivät kaikki sidosryhmät kykene oman aikansa tai taitojensa puitteissa tulkitsemaan laskentadataa samalla tasolla asiantuntijoiden kanssa. Näin ollen datan esitysmuoto ja -tarkkuus tulisi valita hänen mukaansa harkiten.

Yleisesti ottaen tiedon jakaminen ja liikennettä koskevaan julkiseen keskusteluun osallistuminen erityisesti sosiaalisessa mediassa koettiin haasteelliseksi. Vaikka sidosryhmille kohdistettu kokonaisvaltaisesti suunniteltu viestintä on varmasti yksi tärkeimpiä jalankulun ja pyöräilyn edistämisen kulmakiviä, ei aihetta pystytty käsittelemään syvällisesti tämän työn laajuudessa. Haastatteluissa esille nousseet tarpeet tiedon yksinkertaisesta esittämisestä esimerkiksi graafisessa muodossa pyritään kuitenkin ottamaan huomioon tiedonkeruujärjestelmän ehdotuksia laatiessa. Liikennetietoon liittyvän viestinnän suunnittelu ja toteutus muodostavat mielenkiintoisen jatkotutkimustarpeen.

7.4.2 Nykyisen liikennetiedonkeruujärjestelmän edut

Ongelmakohtien lisäksi haastateltavilta tiedusteltiin nykyisen liikennetiedonkeruujärjestelmän etuja sekä niitä asioita, joita nykyisestä järjestelmästä toivottaisiin säilytettävän. Etuihin liittyvät kysymykset eivät herättäneet vastaajissa juurikaan mielipiteitä, vaan keskustelu ohjautui takaisin nykyisen järjestelmän haasteisiin ja kehittämismahdollisuuksiin. Haastatteluista voidaan yhteenvedon muodossa nostaa hyvin varovaisesti kolme nykyiseen tiedonkeruujärjestelmään liittyvää etua:

1. Tiedonkeruun sykli

Nykyinen tiedonkeruusykli nosti vastakkaisia mielipiteitä haastateltavissa. Osa haastateltavista koki kahden vuoden tiedonkeruun syklin hyväksi. Raappana pohti erityisesti liikennemallien kehittämisen olevan yksi tärkeimmistä liikennetiedon käyttökohteista, jolloin tiedonkeruusykliä tulisi suunnitella liikennemallin ylläpidon kannalta. Kahden vuoden syklillä voidaan Raappanan mukaan kuvata tarpeeksi tarkasti ihmisten liikkumistottumuksia sekä niissä tapahtuvia muutoksia.

Toisaalta, osa haastateltavista painotti juurikin tiedonkeruusyklin tihentämisen ja erityisesti entistä reaaliaikaisemman tiedonkeruun tarvetta. Reaaliaikainen liikennetieto tarkoittaa kahden vuoden syklistä luopumista ja siirtymistä jatkuvasti käynnissä olevaan tiedonkeruuseen. Vaikka kaikki haastateltavat eivät nähneet koko tiedonkeruujärjestelmän reaaliaikaisuutta tarpeellisenä, olivat he yhtä mieltä siitä, että kaupunkiin pitäisi perustaa yksi tai useampi jatkuvan tiedonkeruun referenssipiste otoslaskentapisteistä kerättyä tietoa tukemaan.

2. *Valtiolisilta ja kunnallisilta sidosryhmiltä saadaan tarpeeksi tietoa*

Alapeteri koki, että muilta valtiolisilta ja kunnallisilta organisaatioilta saadaan hyvin niitä tietoja, joita jalankulku- ja pyöräliikenteeseen liittyvään suunnitteluun ja päätöksentekoon tarvitaan. Esimerkiksi poliisilta ja tilastokeskukselta saadaan tarvittaessa onnettomuustietoja sekä tietoa viranomaisten havaitsemista liikenteen kannalta vaarallisista paikoista. Muita tietolähteitä ovat Alapeterin mukaan muun muassa sivistys ja opetustoimi sekä kunnan teknillinen lautakunta.

3. *Positiivinen ilmapiiri kävelyn ja pyöräilyn ympärillä*

Positiivinen ilmapiiri ei sinänsä kuvaa nykyistä liikennetiedonkeruujärjestelmää vaan haastateltavien kokemaa, jalankulun ja pyöräilyn edistämisen ympärillä vallitsevaa yleistä ilmapiiriä kaupungin päättäjien, suunnittelijoiden ja eri sidosryhmien joukossa. Erityisesti Raappana koki, että kävelyn ja pyöräilyn ei yleisesti ajatella uhkaavan autoilua vaikkakin myöhemmin hän mainitsee, että liikennekeskustelua käydään edelleen hieman autoilun ehdoilla.

8. ESITYS ROVANIEMEN UUDEKSI TIEDONKERUUJÄRJESTELMÄKSI

Tässä luvussa esitetään toimintasuunnitelma jalankulku- ja pyöräliikenteen tiedonkeruujärjestelmän kehittämiseksi. Luvussa käsitellään seurattavat jalankulun ja pyöräilyn tunnusluvut, laskentapistet, laskentamenetelmät ja määritellään tiedonkeruun ajankohdat. Lopuksi toimintasuunnitelmalle esitetään kustannusarvio ja ehdotus toteutuksen aikataulusta.

8.1 Tunnusluvut

Kävelyä ja pyöräilyä kuvaavia tunnuslukuja on lukuisia ja taulukossa 1 esiteltiin näistä muutamia. Koska tarkoituksena on luoda järjestelmä erityisesti kävelyn ja pyöräilyn määrän selvittämiseen, suositellaan Rovaniemen kaupungille erityisesti väyläkohtaisia liikennemääriä kuvaavia tunnuslukuja, joista tutkittavaksi ehdotetaan seuraavia:

- kesän ja talven keskimääräinen vuorokausiliikenne,
- koko vuoden keskimääräinen vuorokausiliikenne ja
- huipputuntiliikenne (työ- ja koulumatkaliikenteelle aamu- ja iltapäivä, ostosliikenteelle lounasaika ja iltapäivä).

Itse liikennemäärän lisäksi on hyvä kerätä tietoa siitä, millaisissa olosuhteissa ja milloin kukin laskentatulokset on saatu. Ulkoisia olosuhteita ja mittausaikaa voidaan kuvata muun muassa seuraavilla mittareilla:

- laskenta-ajankohta (vuorokaudenaika, päivämäärä, viikonpäivä ja vuodenaika),
- sääolosuhteet (lämpötila, sademäärä ja aamun sade-ennuste) sekä
- väylien kunnon kuvaus

Oleskelu on tärkeä osa erityisesti ydinkeskustan jalankulkuliikennettä, jonka määrä vaikuttaa vääjäämättä myös alueen kävelijöiden määrään: onhan jokainen oleskelija jossain vaiheessa myös kävelijä. Oleskelun tutkiminen eroaa hieman normaalista kävelyn määrän tutkimisesta ja siihen voidaan soveltaa seuraavia mittareita:

- oleskelijoiden määrä alueella ja oleskelun laatu (istuminen/seisominen)
- tutkimusajankohta (vuorokaudenaika, päivämäärä, viikonpäivä ja vuodenaika),
- tapahtumien lukumäärä (tapahtumaa / alue / kk),
- sääolosuhteet (lämpötila, pilvisuus ja sademäärä),
- istuinmahdollisuudet tutkimusalueella (lkm / tyyppi) sekä
- liikkujien tyytyväisyys oleskelun mahdollisuuteen (% alueen liikkujista tyytyväisiä oleskelun tarjontaan).

Edellä esitettyjen tunnuslukujen lisäksi soveltuvia mittareita on olemassa lukemattomia mutta tiedonkeruun helpottamiseksi ja yksinkertaistamiseksi käytettyjen tunnuslukujen kirjo halutaan pitää mahdollisimman tiiviinä. Tunnuslukuja voidaan lisätä sitä mukaan, kun uusia tietotarpeita ilmenee. Laajempi lista tunnusluvuista on esitetty alaluvussa 4.3.

Rovaniemen haastattelututkimuksessa haastateltavat pohtivat toiveita vastaavan mittariston kertovan muun muassa keskustan sisäisten matkojen sekä työ- ja koulumatkojen kävely- ja pyöräilymääristä, asukkaiden sekä turistien mielipiteistä sekä kunnossapidon laadusta. Yllä ehdotettu mittaristo sisältää vain osan haastateltujen esittämistä toiveista, joten potentiaalisia lisäyksiä kaupungin käyttämään mittaristoon voisivat olla esimerkiksi:

- Matkojen määrä / matkaryhmä
- Liikkujien mielipiteet (% liikkujista kokee olonsa turvalliseksi; % liikkujista kokee liikennejärjestelyt selkeiksi; % liikkujista kokee liikkumisen sujuvaksi; % liikkujista haluisi pyöräillä/kävellä enemmän; henkilökohtaiset syyt ja esteet kävellä/pyöräillä)
- Kunnossapidon laatu (% liikkujista tyytyväisiä talvikunnossapitoon)

Näiden tutkiminen vaatii kuitenkin tässä toimintasuunnitelmassa esitettyjen tiedonkeruumenetelmien lisäksi muunlaisia tiedonkeruumenetelmiä, esimerkiksi kysely- ja liiketutkimusta.

8.2 Laskentapisteet

Rovaniemen jalankulun ja pyöräilyn tutkimiseen liittyviä tiedonkeruupisteitä sijoitetaan kahdelle alueelle. Keskustan kehällä tutkitaan kaupungin keskustaan suuntaavaa liikennettä ja ydinkeskustassa selvitetään puolestaan keskustan sisällä tapahtuvaa liikkumista.

8.2.1 Keskustan kehä

Keskustaan suuntautuvan liikenteen tutkimiseen tarkoitettujen laskentapisteiden sijainti määritellään Luukkosen (2011) *pyöräilyn ja kävelyn laskennat* -ohjeen mukaisesti kehämallin avulla. Kehämallissa ydinkeskustan ympärille muodostetaan kuvitteellinen kehä, jonka avulla määritellään ydinkeskustaan johtavat väylät. Rovaniemen tapauksessa ydinkeskustaa reunustavan laskentakehän säteeksi valitaan 500 m. Pyöräilyn laskentapisteet sijoitetaan kehän ylittävälle pyöräilyn pääreiteille. Rovaniemen kokoisessa, tiiviissä kaupungissa ydinkeskustaan saavutaan lyhyiden välimatkojen johdosta myös kävellen, joten jalankulkijat lasketaan pyöräilyn laskentapisteitä vastaavissa pisteissä. Näin pyöräilyn ja jalankulun tiedonkeruu voidaan suorittaa samaan aikaan.

Laskentapisteiden sijoittaminen esitetään kuvassa 30 ja laskentapisteiden tiedot on esitetty taulukossa 5. Laskentapisteessä, jossa yhdistetty jalankulku- ja pyörätie kulkee ajoradan molemmin puolin, tarvitaan melkein poikkeuksetta kahta laskentalaitetta ja väylien määräksi on tällöin merkitty kaksi. Laskentapisteitä on yhteensä 13, joista kuudessa on vain yksi jalankulku- ja pyöräliikenteen väylä. Neljässä pisteessä laskettavia väyliä on kaksi ja kolmessa pisteessä laskenta suoritetaan kahden väylän liittymässä. Laskentapisteessä 5 on tällä hetkellä jalankulu- ja kävelysilta mutta tulevaisuudessa silta tul- laan remontoimaan sekaliikenneväyläksi.

Taulukko 5. Keskustan kehän laskentapisteiden tiedot.

Laskentapiste	Väylämäärä
1. Valtakatu, pohjoispään sillan alitus	1
2. Ounasjoen silta, valtatie 4	1
3. Poromiehen tie, pohjoispää	1
4. Koskikatu, kauppakeskustan edusta	2
5. Rotkon silta	1
6. Hallituskatu, silta	2
7. Postikatu, alikulku	1
8. Valtatie 4, Viirinkankaalta	1
9. Jorma Eton tie, kirjaston silta	1
10. Yliopistonkatu, alikulku	2
11. Koskenranta	1
12. Jorma Eton tie, silta	2
13. Kajaanintie, Jätkänynttilän silta	2



Kuva 30. Keskustan kehän laskentapisteiden sijainti.

8.2.2 Ydinkeskustan laskentapisteet

Keskustan sisäistä jalankulku- ja pyöräliikennettä tutkitaan ydinkeskustan laskentapisteiden avulla. Laskentapisteet on esitetty kartalla kuvassa 31 ja tarkemmat tiedot laskentapisteistä on esitetty taulukossa 6. Laskentapisteet on sijoitettu kahdelle poikkileikkaukselle: itä-länsisuunnalle (pisteet 14 – 16) ja pohjois-eteläsuunnalle (pisteet 17 – 19). Tarkoituksena on muodostaa poikkileikkaukset, jotka kattavat tärkeimmät ydinkeskustan kävelyn ja pyöräilyn väylät. Laskentapisteessä 14 sijaitsee tällä hetkellä yhdistetty jalankulku- ja pyöräliikenteen väylä molemmin puolin ajoneuvoliikenneväylää. Suunnitelmissa on, että tämä osuus muutetaan joukkoliikenneväyläksi. Lopullista päätöstä muutoksesta ei kuitenkaan ole vielä tehty, joten pisteelle sopivaa laskentamenetelmää joudutaan pohtimaan uudestaan, kun päätökset ja suunnitelmat ovat valmiita.

Liikennemäärien lisäksi ydinkeskustassa tutkitaan myös oleskelua. Oleskelun tutkiminen on usein laiminlyöty mutta tarpeellinen osa erityisesti kävelyn seuranta kaupunkien keskustoissa. Tässä toimintaehdotuksessa oleskelun seurantapisteitä perustetaan vain yksi, keskustan kävelykadun varrella sijaitsevalle Lordi-aukiolle. Aukio valikoitui sen keskeisen sijainnin ja verrattain hyvien istuinmahdollisuuksien vuoksi. Oleskelun tutkimuspisteitä voidaan lisätä tarvittaessa erityisesti aukioille, joenvarsille, puistoihin sekä sinne, missä on jonkinlaisia virallisia tai epävirallisia istuinmahdollisuuksia (Rantala & Luukkonen 2014, s. 11).

Taulukko 6. Ydinkeskustan laskentapisteiden tiedot.

Laskentapiste	Väylämäärä
14. Poromiehentie, kauppakeskus Revontulen edusta	2
15. Rovakatu	2
16. Valtakatu	1
17. Toripuistikko	2
18. Ruokasenkatu	2
19. Hallituskatu	2
20. Lordi-aukio	Aukio



Kuva 31. Ydinkeskustan laskentapisteet.

8.2.3 Muut potentiaaliset kohteet

Vaikka työn lähtökohtana oli tutkia kaupungin ydinkeskustan alueen kävelyä ja pyöräilyä, koettiin tärkeäksi nostaa esille mahdollisuus tutkia myös keskustan ulkopuolisia kohteita. Yksi mielenkiintoinen kohde voisi olla Rantavitikan alue. Rantavitikalla sijaitsevat muun muassa Lapin yliopisto, Lapin ammattikorkeakoulu, Lapin ammattiopisto ja aikuiskoulutuskeskus, Rantavitikan peruskoulu sekä Viirinkankaan koulu. Näiden lisäksi Rantavitikka on yksi opiskelija-asuntoja vuokraavan Domus Arctica -säätiön asuntokeskittymistä. Opiskelija-asutopaikkoja Domus Arcticalla on Rantavitikan alueella 853 (DAS 2017). Opiskelijoiden ja koululaisten muodostaessa yhden tärkeimmistä kävelyn ja pyöräilyn käyttäjäryhmistä, voisi Rantavitikan alue olla mielenkiintoinen kävelyn ja pyöräilyn seurantakohde. Rantavitikan tai muidenkaan keskustan ulkopuolisten alueiden tiedonkeruuta ei kuitenkaan ole sisällytetty osaksi toimintasuunnitelmaa.

8.3 Laskentamenetelmät

8.3.1 Laskentamenetelmille asetettavat vaatimukset

Kehitettävälle tiedonkeruujärjestelmälle asetetaan seuraavat, laskentamenetelmien arviointikriteereihin pohjautuvat vaatimukset:

Tarkkuus. Kaupungininsinööri Aku Raappanan mukaan menetelmän valinnassa toivotaan suosittavan kustannustehokkuutta ja menetelmän kehitysmahdollisuuksia laskenta-

tarkkuuden sijaan. Toisin sanoen, laskentamenetelmä saa olla laskennallisesti hieman epävarma, jos vaikuttaa siltä, että menetelmän tarkkuus tulee kehittymään tulevaisuudessa ja se on kustannuksiltaan muita laskentamenetelmiä selvästi edullisempi.

Kulkumuotojen erottelu jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden välillä tulee olla mahdollista. Rovaniemen kaikki laskentapisteen sijaitsevat jaetuilla jalankulku- ja pyörävyylillä, jolloin kaikissa pisteissä tiedonkeruun täytyy tapahtua kulkumuodot erotellen.

Laskentojen pituudet tulisi olla tarpeeksi pitkiä niin, että tulokset kuvaavat kattavasti liikenteen ajallista vaihtelua. Automaattisten otoslaskentojen osalta laskentoja tulisi voida toteuttaa ympäri vuorokauden vähintään 2 viikon ajalta niin kesä- kuin talvikaudellakin. Kaksi viikkoa on Luukkosen (2011, s. 23) esittämä minimipituus pyöräilyn automaattisille otoslaskennoille. Laskentamenetelmän valinnassa suositaan niitä menetelmiä, joilla laskentoja kyetään suorittamaan ympäri vuoden.

Metadata ja muut havainnot. Poikkileikkauksessa tapahtuvan määrätiedon lisäksi olisi suotavaa, että laskentamenetelmällä voidaan havainnoida ainakin kulkusuunta. Näin saadaan selville kävely- ja pyöräiliikenteen suuntautuminen. Tiedot sääolosuhteista ovat myös arvokkaita, jotta voidaan muodostaa käsitys siitä, miten olosuhteet vaikuttavat kävelyn ja pyöräilyn määrään. Liikennemallien rakentamisen näkökulmasta määrätiedon lisäksi mielenkiintoista tietoa ovat myös liikkujien käyttämät reitit.

Sään vaikutus laskentamenetelmän tarkkuuteen tulee olla pieni ja laskentalaitteiston tulee kestää hyvin vaihtelevia olosuhteita. Rovaniemellä lämpötila on vuodenajasta riippuen jopa $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$:sta aina $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$:een. Talvella tulee huomioida maaperän jäätyminen ja routiminen sekä lumesta muodostuvat kinokset, jotka eivät saa häiritä laskentalaitteiston toimintaa.

Kustannukset ovat erityisen mielenkiinnon kohteena. Rovaniemen kaupungininsinööri Raappanan mukaan kaupunkia kiinnostaa erityisesti uudenlaisen ja kustannustehokkaan teknologian kokeileminen. Tiedonkeruujärjestelmään liittyvä uudistus tulee todennäköisesti tapahtumaan useamman vuoden aikana, jolloin erityisesti toimintasuunnitelman viimeisiin vaiheisiin voidaan ehdottaa tiedonkeruumenetelmiä, joihin liittyvät palvelut eivät ole vielä tällä hetkellä aivan täysin kehittyneet mutta jotka vaikuttavat lupaavilta. Kustannusten osalta myös huolto- ja ylläpitokustannukset tulee ottaa huomioon ja toiveena on mahdollisimman huoltovapaa ratkaisu.

Kaupallinen saatavuus tulee olla koko menetelmään liittyvän palvelukokonaisuuden osalta hyvä tai kohtalainen. Palvelukokonaisuudella viitataan tässä tiedonkeruumenetelmän tekniikkaan, tekniikan huoltoon ja kerätyn datan käsittelyyn. Kuten yllä todettiin, toimintasuunnitelman viimeisiin vaiheisiin voidaan ehdottaa toteutettavaksi tiedonkeruumenetelmiä, joihin liittyvät palvelut eivät ole tällä hetkellä saatavissa.

Asennuksen helppous on positiivinen mutta ei menetelmän valintaa rajoittava tekijä. Menetelmän valinnassa suositaan niitä menetelmiä, joita toimitetaan valmiiksi asennettuina.

Siirrettävyys on positiivinen mutta ei tärkein valintakriteeri. Tarkoituksena on suorittaa jatkuvaa laskentaa mahdollisimman monessa pisteessä, jolloin laskentakojeita ei tarvitse siirrellä laskentapaikasta toiseen.

Tiedon analysointi ei saa aiheuttaa tilaajalle ylimääräistä työtä. Haastatteluissa todettiin, että jo tällaisenaan liikennejärjestelmästä tuotetaan liian paljon analysointia vaativaa tietoa, jonka käsittelyyn kaupungin tai muiden organisaatioiden edustajilla ei ole aika- ja osaamisresursseja. Tuotetun tiedon pitää siis olla mahdollisimman selkeässä muodossa ja helposti saatavilla.

Tallennustilan täytyy olla riittävä sille, että laskentoja voidaan suorittaa vuorokauden ympäri vähintään kahden viikon ajan.

Virrankulutus ei saa rajoittaa laskentojen toteutusta. Erityisesti verkkovirtaa vaativat laskentamenetelmät ovat ongelmallisia, ellei niitä voida sijoittaa olemassa olevien virtalähteiden, kuten liikennevalotolppaan johdettavan verkkovirran, yhteyteen. Akulla toimiva laskentakoje tulisi kestää yhdellä latauksella vähintään kaksi viikkoa, mieluummin pidempäänkin.

Tiedonsiirron tulisi olla mahdollisimman vaivatonta. Ideaalissa tilanteessa tiedonsiirto tapahtuu automaattisesti laskentakojeelta suoraan serverille, jolloin fyysisiä tiedonkeruukäyntejä laskentakojeen luona ei tarvita.

8.3.2 Menetelmävaihtoehtojen arviointi

Tiedonkeruumenetelmävaihtoja arvioidaan yllä esitettyjen tiedonkeruujärjestelmälle asetettujen vaatimusten mukaisesti. Rovaniemen tiedonkeruumenetelmiksi harkitaan seuraavia menetelmiä:

- käsinlaskenta,
- induktiosilmukka,
- aktiivinen infrapunalaskin,
- passiivinen infrapunalaskin,
- laserskanneri,
- tutkalaskin,
- radiosädelaskin,
- konenäkö,
- GPS-paikannukseen perustuva laskenta,
- matkapuhelinverkkopaikannukseen perustuva laskenta ja
- lähiverkkopaikannukseen perustuva laskenta.

Laskentamenetelmistä letkulaskin, mattolaskin ja akustinen sensorilaatta sekä piet-sosähköinen laskin eivät sovi ympärivuotiseen laskentaan. Laserskanneri ja tutkalaskin puolestaan vaativat usein toistuvaa akunvaihtoa, mikä nostaa huoltokustannuksia sekä laitteiston ylläpidon vaatimaa aikaa. Rovaniemen kaupunki toivoi mahdollisimman huoltovapaata ratkaisua, joten laserskanneri ja tutkalaskin eivät vaikuta sopivilta vaihtoehtoilta.

Tarkoituksena on kerätä eroteltua liikennetietoa jalankulkijoista ja pyöräilijöistä. Näin ollen induktiosilmukka, aktiivinen infrapunalaskin ja passiivinen infrapunalaskin eivät yksinään tuota halutunlaista dataa. Pyörädataa keräävä induktiosilmukka voidaan kuitenkin yhdistää kaikkia kulkumuotoja havainnoivaan passiiviseen tai aktiiviseen infrapunalaskimeen, jolloin molemmat kulkumuodot saadaan laskettua ja eroteltua. Aktiivisen infrapunalaskimen saatavuus on huono, joten induktiosilmukan ja passiivisen infrapunalaskimen yhdistelmä vaikuttaa potentiaalisemmalta vaihtoehdolta.

Saatavuutensa puolesta erityisesti matkapuhelinverkkopaikannukseen perustuva menetelmä vaikuttaa kehnolta. Lisäksi matkapuhelinverkosta saatava paikannustarkkuus ei ole tarpeeksi suuri väylien poikkileikkauksilaskentaan. Myös lämpökamera sekä GPS- ja lähiverkkopaikannuksiin perustuvat menetelmät karsiutuivat ensimmäisen vaiheen toteutusvaihtoehtoista, sillä niiden saatavuus ja käytettävyys ovat vielä kyseenalaisia. Toimintasuunnitelman ensimmäinen vaihe on tarkoitus toteuttaa mahdollisimman nopealla aikataululla, kaupungin budjetin sallimissa rajoissa, jolloin saatavuudeltaan ja käytettävyydeltään kyseenalaisen menetelmän valinta ei ole tarkoituksenmukaista. Myöhemmissä vaiheissa näitä menetelmiä tullaan harkitsemaan.

8.3.3 Esimerkituotteet

Harkittaviksi toteutusvaihtoehtoiksi jäävät käsinlaskenta, passiivisen infrapunalaskurin ja induktiosilmukan yhdistelmä, radiosädelaskin sekä konenäkö. Seuraavassa on esitetty esimerkituotteet näille laskentamenetelmille pois lukien käsinlaskenta, jonka toteuttamiseen ei vaadita teknologialaitteistoa. Näiden lisäksi lämpökameran kuvan automaattiseen analysointiin sekä GPS- ja lähiverkkopaikannuksiin perustuvat menetelmät tarjoavat mielenkiintoisen mahdollisuuden liikennetiedonkeruulle. Kyseisille menetelmille ei kuitenkaan ole vielä olemassa palvelukokonaisuuksia, eikä siis esimerkituotteita. Näiden syiden johdosta lämpökameraan sekä paikannukseen perustuvat menetelmät joudutaan hylkäämään Rovaniemen toimintasuunnitelman vaihtoehtoista. On hyvin todennäköistä, että jo lähitulevaisuudessa kyseiset menetelmät ovat huomattavasti kehittyneempiä ja niiden saatavuus on nykyistä parempi. Rovaniemen kaupungin kannattaa tarkastella lämpökameraan sekä paikannukseen perustuvien menetelmien mahdollisuutta esimerkiksi viiden vuoden päästä uudelleen. Tästä aiheesta keskustellaan lisää alakapitla 8.4.7.

Passiivinen infrapunalaskuri ja induktiosilmukka (induktiosilmukka-infrapunalaskin)

Esimerkkituote: Eco-Counter MULTI Urban Post + Zelt

Eco-Counterin MULTI Urban Post + Zelt -laskin on huomaamaton laskentakojie, joka on suunniteltu jatkuvaan liikennelaskentaan erityisesti kaupunkiympäristöön. Se erottelee jalankulkijat ja pyöräilijät toisistaan 1,5 – 5,0 m levyisillä väylillä. Induktiosilmukoiden määrä vaihtelee mitattavan väylän leveyden mukaan, kuten taulukossa 7 on esitetty. Infrapunalaskimen kohdalla väylän leveys vaikuttaa puolestaan vaadittavaan linsien tehokkuuteen. Tehokkaampi linssi mahdollistaa pidemmän tunniste-etäisyyden mutta on myös heikompaa linssiä kalliimpi. Linssien tunniste-etäisyydet ovat Eco-Counterilla 2 m, 4 m ja 15 m. (Trafino 2017).

Taulukko 7. Tarvittavien induktiosilmukoiden määrä tien leveyden mukaan. (Trafino 2017).

Silmukoiden määrä	Tien maksimileveys (m)
1	1,5
2	2,8
3	4,0
4	5,0

Eco-Counter MULTI Urban Post + Zelt ei sovi aivan ajoneuvoväylän läheisyyteen, sillä induktiosilmukka voi kirjata vääriä havaintoja metallia sisältävistä ajoneuvoista. Ajoneuvoista säteilevä lämpö voi aiheuttaa vääriä havaintoja myös lämpösäteilyn avulla toimivalle passiiviselle infrapunalaskimelle. Hyvä asennuspaikka tuotteelle onkin täysin ajoneuvosta erillään olevan jalankulku- ja pyörätien varressa kuten kuvassa 32 on esitetty.

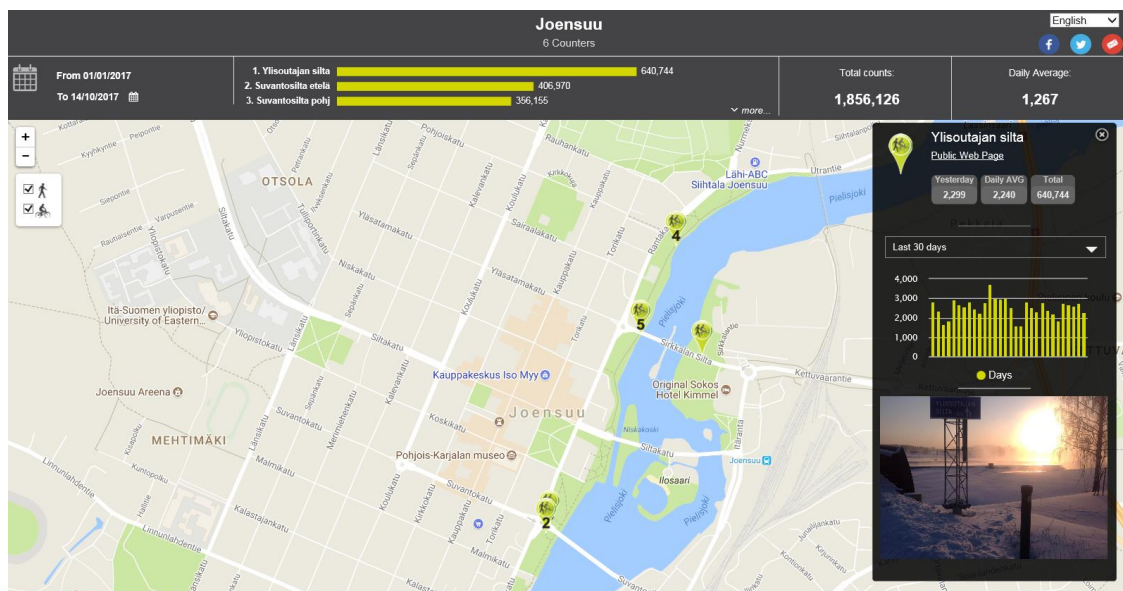


Kuva 32. Eco-Counter MULTI Urban Post + Zelt. (Eco-Counter).

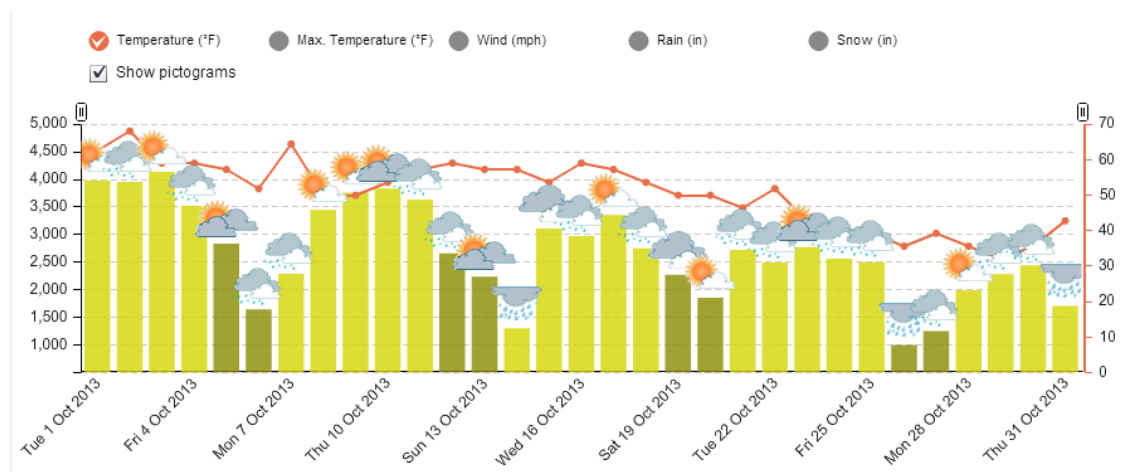
Eco-Counter tarjoaa kaikkien laskentatuotteidensa tueksi Eco-VISIO pilvipalvelun, jolla voi hallinnoida Eco-Counter -tuotteita sekä valmistaa raportteja mittauksista. Kaikki laskentatieto tallentuu palveluntarjoajan palvelimelle, josta laskentatietoja pääsee tark-

kailemaan käyttäjätunnuksen avulla. Lisäksi laskentatiedot voidaan esittää kaupungin sidosryhmille lähes reaaliaikaisesti internet-selaimen välityksellä (kuva 33).

Eco-VISIO palveluun voi hankkia lisäpalveluna myös Eco-VISIO Weather -moduulin, joka antaa paremman ymmärryksen säävaihtelujen vaikutuksesta mitattuihin liikenteen tilastoihin (kuva 34).



Kuva 33. Esimerkki Eco-Counterin tarjoamasta palvelusta, jossa liikennelaskentatietoja voidaan tarkastella avoimesti web-selaimen välityksellä. (Eco-Counter).



Kuva 34. Eco-Counterin Eco-VISIO Weather -moduuli tarjoaa mahdollisuuden yhdistellä säätietoja liikennelaskentadataan. (Eco-Counter).

Radiosädelaskin

Esimerkkituote: Chambers Electronics RadioBeam Bicycle-People Counter

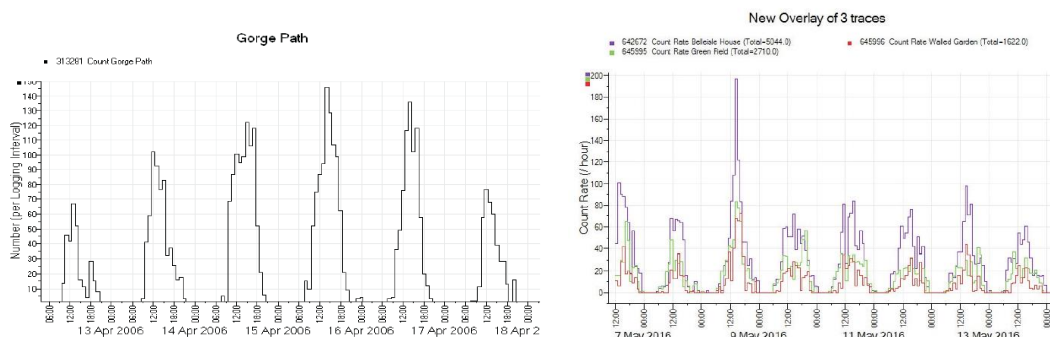
Chambers Electronicsin RadioBeam Bicycle-People Counter (RBBP) on niin ikään huomaamaton laskin, jolla voidaan erotella jalankulkijat ja pyöräilijät kahden vastakkain asennetun sensorin avulla. RBBP-laskimen asentaminen ei häiritse liikennettä, sillä laskentakojeet sijoitetaan väylän molemmiin puolin maahan upotettaviin tolppiin. Tolppien välillä ei kulje kaapeleita, joten liikenne pääsee kulkemaan tolppien välistä häiriintymättä. Radiosädelaskin RBBP on esitetty kuvassa 35.



Kuva 35. Chambers Electronicsin RadioBeam Bicycle-People Counter. (Chambers Electronics).

RBBP-laskentalaite on toimittajan mukaan pitkäikäinen, eikä se muovisen tai metallisen suojakotelonsa ansiosta rikkoonnu helposti. Virtalähteenä toimivan akun latausväli on 2 vuotta, joten laite vaatii hyvin vähän ylläpitoa. Kerätyn datan siirto tapahtuu USB-kaapelin avulla tai internet-yhteyden välityksellä dataloggerista tietokoneelle.

Chambers Electronicsin tarjoaa asiakkailleen myös laskentadatan analysointiin käytettävää ohjelmistoa, jonka avulla raakadataa voi analysoida ja tuloksia voi havainnollistaa grafiikan avulla (kuva 36).



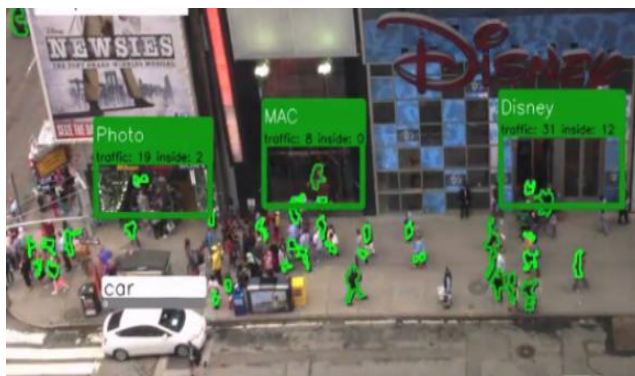
Kuva 36. Esimerkki Chambers Electronicsin ohjelmistosta, jolla analysoidaan kerättyä liikennelaskentadataa.

Konenäkö

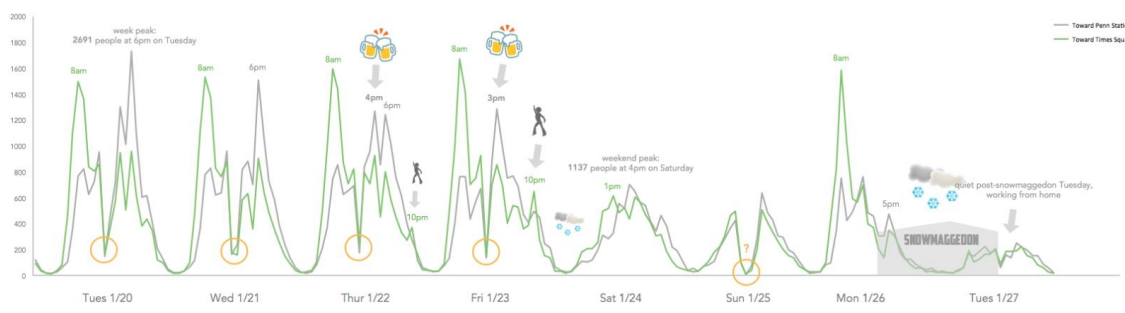
Esimerkkituote: Placemeter

Placemeter tarjoaa videolta tehtävää liikennelaskentapalvelua kaupungeille ja yrityksille. Tuotteen avulla voidaan liikennelaskentojen lisäksi tehdä analyyskejä esimerkiksi kaupunkitilankäytöstä ja tutkia oleskelua. Placemeter kykenee erottelamaan kaikki kulkumuodot toisistaan, joten se sopii myös tilanteisiin, joissa halutaan tutkia niin kävelyä, pyöräilyä sekä moottoriajoneuvoliikennettä.

Placemeter-kamera sijoitetaan liikenteen yläpuolelle esimerkiksi valotolppaan tai jopa rakennuksen ikkunan sisäpuolelle (kuva 37). Kamera vaatii jatkuvaa virtalähdettä ja internet-yhteyttä. Kuvattu video lähetään internet-yhteyden välityksellä analysoitavaksi. Asiakas pääsee katsomaan valmiita laskentatuloksia lähes reaaliajassa kirjautumalla tunnuksillaan Placemeterin internet-sivuille. Esimerkki Placemeterin tuottamasta laskentatuloksesta on esitetty kuvassa 38. Eri sidosryhmille on mahdollisuus luoda eri tunnuksia, jolloin tietyn laskentatiedon jakaminen vain tietylle sidosryhmälle on mahdollista.



Kuva 37. Placemeter-kamera (vasemmalla) asennetaan liikenteen yläpuolelle. Kuvattua videolta lasketaan hahmontunnistuksen avulla eri kulkumuotojen määrä. (Placemeter).



Kuva 38. Esimerkki Placemeterin tuottamasta laskentatuloksesta, joka on asiakkaan nähtävillä lähes reaaliaikaisesti internet-selaimessa. (Placemeter)

8.3.4 Valitut laskentamenetelmät

Vaihtoehdot tiedonkeruumenetelmiksi ovat edellä esitetyn mukaan induktiosilmukka-infrapunalaskin, radiosädelaskin, konenäkö ja käsinlaskenta. Tiedonkeruumenetelmää valitessa on pohdittava suunniteltujen laskentapisteiden sijaintia sekä laskentaympäristön asettamia vaatimuksia menetelmän teknillisille ominaisuuksille, käytettävissä olevia resursseja ja tiedonsiirron mahdollisuuksia.

Käsinlaskenta sopii monipuolisesti eri laskentaympäristöihin. Videokameran kuvaamaan videoon tukeutuva konenäkö tarvitsee puolestaan valoisan ympäristön, jossa on mahdollisuus kytkeä laite virtalähteeseen. Induktiosilmukka-infrapunalaskin täytyy sijoittaa selkeästi erilleen ajoneuvoliikenteestä, sillä infrapunalaskin on herkkä lämpösäteilylle. Radiosädelaskin tarvitsee myös tilaa ympärilleen, sillä siihen liittyvät sensorit täytyy sijoittaa laskettavan väylän molemmin puolin. Vaikuttaisi siltä, että induktiosilmukka-infrapunalaskin sekä radiosädelaskin ikään kuin kilpailevat samoista laskentapisteistä, sillä molemmat sopivat erityisesti muusta liikenteestä erillään oleville jalankulku- ja pyöräväylille. Videolaskin puolestaan sopii juurikin sellaiseen ympäristöön, johon kaksi edellistä eivät – valoisaan ydinkeskustaan. Käsinlaskenta taas täydentää monipuolisuudellaan edellisiä menetelmiä ja sen avulla voidaan tehdä kalibrointi- ja laadunvarmistuslaskentoja koneellisille laskimille.

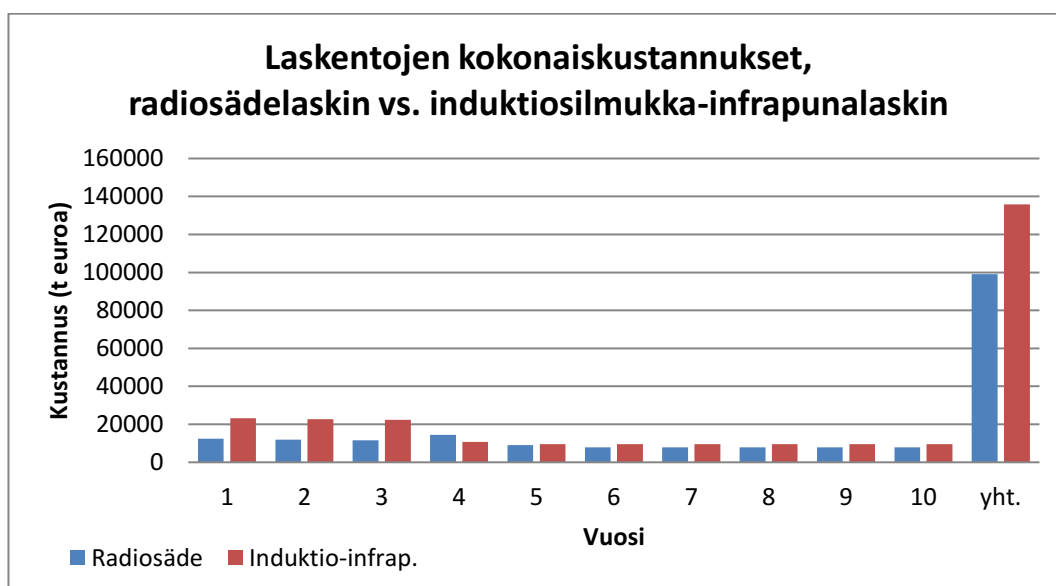
Vertaillessa radiosädelaskimen ja induktiosilmukka-infrapunalaskimen teknillisiä ominaisuuksia toisiinsa, vaikuttaa radiosädelaskin vahvemmalta vaihtoehdolta. Radiosädelaskin sopii muun muassa monipuolisempiin laskentaympäristöihin. Infrapunalaskinta ei voida sijoittaa esimerkiksi lähelle ajoneuvoliikennettä tai ajoneuvojen pysäköintipaikkoja. Radiosädelaskinta koskee lähinnä tilantarpeeseen liittyvä rajoitus, sillä radiosädeanturit tulee asentaa laskettavan väylän molemmin puolin. Radiosädelaskin on lisäksi helppompi asentaa paikalleen, eikä asennus häiritse liikennettä. Helpon asennuksen myötä radiosädelaskin on myös vaivattomasti siirrettävissä tarpeen mukaan. Näin ollen radiosädelaskin mahdollistaa laskennan useammassa laskentapisteessä verrattuna induktiosilmukka-infrapunalaskimeen. Induktiosilmukka-infrapunalaskinta voidaan hyödyntää luvussa 8.2 esitetyistä 21 laskentapisteestä viidessä, kun radiosädelaskin soveltuu näistä kahdeksaan.

Myös resurssivertailussa radiosädelaskin vaikuttaa hieman vahvemmalta vaihtoehdolta. Kustannusvertailu induktiosilmukka-infrapunalaskimen sekä radiosädelaskimen hankintahintojen välillä on esitetty taulukossa 8. Radiosädelaskimen hankintahinta on noin 2,5-kertaa pienempi verrattuna induktiosilmukka-infrapunalaskimeen. Rovaniemen kaupungininsinööri arvioi, että kaupunki voisi budjetoida karkeasti arvioiden noin 20 000 e vuodessa laskentojen suorittamiseen. Voidaan olettaa, että molemmat vaihtoehtoiset menetelmät toimivat maksimissaan noin 10 vuotta ennen kuin niihin liittyvät koneistot täytyy uusida. Vertaillaan siis koko laskentajärjestelmän kokonaiskustannuksia molempien menetelmien kannalta. Vertailussa otetaan huomioon se, että ne laskentapisteet,

joita induktiosilmukka-infrapunalaskimella ei kyetä laskemaan verrattuna vastaaviin radiosädelaskimen pisteisiin, joudutaan korvaamaan video- tai käsinlaskennalla. Molemissa tapauksissa laskentalaitteistoa hankitaan 2 kojetta per vuosi. Videokamerat hankitaan vasta kun muut laskentakojeet on hankittu, eli induktiosilmukka-infrapunalaskimen tapauksessa neljäntenä vuonna ja radiosädelaskimen tapauksessa viidentenä vuonna. Laskennoissa ei huomioida inflaatiota tai poistoja Vertailun tulokset on esitetty kuvajana kuvassa 40. Molempien menetelmien kohdalla keskimääräiset vuotuiset kustannukset pysyvät noin 20 000 euron alapuolella. Induktiosilmukka-infrapunalaskimen tapauksessa kaupungininsinööri Raappanan asettama raja ylitetään 2 000 – 3 000 eurolla vuosittain ensimmäisten kolmen vuoden aikana. Radiosädelaskinta hyödyntävän laskentajärjestelmän 10 vuoden kokonaiskustannukset ovat 99 069 e. Induktiosilmukka-infrapunalaskinta hyödyntävän vastaavat kustannukset ovat 135 805 e. Radiosädelaskin on siis reilu 36 700 e halvempi 10 vuoden ajanjaksolla verrattuna induktiosilmukka-infrapunalaskin -yhdistelmään.

Taulukko 8. Kustannusvertailu induktiosilmukka-infrapunalaskimen sekä radiosädelaskimen hankintahintojen sekä tiedonkäsittelyn kustannusten välillä.

	Laskentapisteen perustaminen	Tiedonkäsittely ja analysointi
Radiosädelaskin (Chambers Electronics)	3 500 e / väylä	Tiedonsiirto-ohjelmisto 100 e / vuosi
Induktiosilmukka-infrapunalaskin (Eco-Counter)	8750 e / väylä	Tiedonsiirto-ohjelmisto 375 e / vuosi



Kuva 39. Vertailu jalankulku- ja pyöräliikennelaskentajärjestelmän kokonaiskustannuksista.

Vaikka radiosädelaskin vaikuttaa teknisten ominaisuuksien ja kustannusten puolesta oivalta vaihtoehdolta, liittyy siihen myös huonoja puolia. Radiosädelaskimen saatavuus on kotimaisilla markkinoilla hieman induktiosilmukka-infrapunalaskinta heikompi. Aiemmin esitetyllä radiosädelaitteen esimerkkituotteella ei ole maahantuoja Suomessa, toisinkuin induktiosilmukka-infrapunalaskimella. Maahantuoja usein helpottaa asiointia erityisesti ongelmatilanteissa vaikkapa laskentalaitteen rikkoutuessa.

Induktiosilmukka-infrapunalaskimelle esitetyn esimerkkituotteen ehdottomana etuna radiosädelaskimen esimerkkituotteeseen verrattuna on toimittajan tarjoamat lisäohjelmistot tiedonsiirtoon. Eco-Counterin induktiosilmukka-infrapunalaskimelle on saatavalla pilvipalvelu, jonka avulla laskentatietoa voidaan kerätä reaaliajassa laskimelta ja esitettyä helposti ymmärrettävässä, graafisessa muodossa. Lisäksi ohjelmiston luoma grafiikka voidaan esittää internet-selaimessa, jolloin sidosryhmät, kuten asukkaat, voivat nähdä laskentatuloksia havainnollistettuna lähes reaaliajassa. Radiosädelaskimen esimerkkituotetta tarjoavalla Chambers Electronicsilla ei ole saatavilla vastaavaa internet-selaimeen perustuvaa laskentatulosten esitysalustaa.

Lopulta tiedonkeruumenetelmiksi Rovaniemen jalankulku- ja pyöräliikenteen laskentaan valitaan käsinlaskenta, konenäkö ja radiolaskin. Erityisesti radiolaskimen pienemmät kokonaiskustannukset ja helppo asennettavuus sekä siirrettävyys johtivat induktiosilmukka-infrapunalaskimen hylkäämiseen.

Kullekin laskentapisteele valitaan laskentamenetelmä liikenneympäristön asettamien rajoitusten mukaisesti. Radiosädelaskentaa ei suoriteta pisteissä, joissa ei ole tarpeeksi tilaa laskettavan väylän molemmiin puolin laskentakokeiston asentamiseksi. Konenäköön liittyvässä videolaskennassa taas pyritään välttämään ympäristöjä, joissa ei ole tarpeellista valaistusta tai joissa kameraa ei voida kiinnittää lähelle olemassa olevaa virtalähdettä tai joissa ajoneuvoliikenne voi häikäistä kameraa ajovaloilla. Rovaniemen liikennetiedonkeruujärjestelmän kehityksen ajatuksena oli, että mahdollisimman suuri osa laskennoista voitaisiin suorittaa automaattisesti. Näin ollen vain niissä pisteissä, joissa laskentoja ei voida toteuttaa radiosädelaskimella tai konenäöllä, suoritetaan käsinlaskentaa. Päädytään taulukossa 9 esittävään laskentapisteiden jakoon kunkin laskentamenetelmän suhteen. Lisäksi käsinlaskentaa suoritetaan vertailun vuoksi yhdessä vapaavalintaisessa ja vuosittain vaihtelevassa radiosädelaskennan pisteessä ja yhdessä automaattisen videokuvalaskennan pisteessä.

Taulukko 9. Tiedonkeruumenetelmien käyttö kussakin laskentapisteessä.

Mene- telmä*	Laskentapisteeet																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Radios.	x	x					x	x	x		x					x			x		
Konen.			x									x	x	x	x			x			
Käsinl.				x	x	x				x							x			x	x

* Radios. = radiosädelaskin, konen. = konenäkö, käsinl. = käsinlaskenta

8.4 Toteutusaikataulu ja kustannukset

Toteutusaikataulu ja kustannukset kulkevat toimintasuunnitelmassa käsi kädessä. Mitä hitaammalla tahdilla laskentakojeita hankitaan, sitä kauemmin joudutaan tukeutumaan käsinlaskentojen suorittamiseen. Käsinlaskenta on kustannuksellisesti mielessä tehokas menetelmä, sillä sen juoksevat kustannukset ovat verrattain pienet. Toisaalta, käsinlaskennan avulla saadaan tässä suunnitelmassa kerättyä dataa vain 6 tuntia vuoden aikana. Konenäön ja radiosädelaskinten avulla laskentaa voidaan toteuttaa vuoden jokaisena tuntina. Toteutusaikataulun suunnittelu täytyy siis sitoa erityisesti kustannustarkasteluun mutta on myös pohdittava, kuinka arvokasta jatkuvan tiedon kerääminen on.

Seuraavassa pohditaan viittä eri toteutusaikataulun vaihtoehtoa: 1) laitehankintoja tehdään 2 kojetta / vuosi tahdilla, 2) laskentoihin investoidaan maksimissaan 15 000 e / vuosi, 3) laskentoihin investoidaan maksimissaan 20 000 e / vuosi, 4) laskentoihin investoidaan maksimissaan 30 000 e / vuosi ja 5) kaikki laitehankinnat tehdään ensimmäisen vuoden aikana. Kustannusarvioissa ei oteta huomioon inflaatiota tai poistoja. Aluksi esitellään laskentoihin liittyvät kustannustiedot, jonka jälkeen tarkastellaan jokaista esitettyä aikataulusvaihtoehtoa.

8.4.1 Kustannustiedot

Kustannusten lähtötietoina käytetään taulukossa 9 esitettäviä kustannustietoja. Kustannusarviot on saatu konelaskentojen osalta laitteiden toimittajien antamien arvioiden keskiarvona. Käsinlaskennan osalta kustannustiedot on arvioitu edellisten Rovaniemellä suoritettujen käsinlaskentojen kustannusten avulla. Käsinlaskentojen suorittamisen kustannustietona käytetään 13 e/h/laskija. Jokainen laskentapiste on suunniteltu laskettavaksi 6 tunnin ajalta, ja yhden laskentapisteen laskemiseen ja siirtymisiin oletetaan kuluun yhteensä noin 7 tuntia.

Taulukko 10. Kustannuslaskentojen lähtötiedot.

Hankinta- ja asennuskustannukset			
Kustannuslaji	Muuttuvat kustannukset		Kiinteä kustannus
	Kustannus / väylä	Kustannus / piste	
Käsinlaskenta	91 e	-	-
Konenäkö	100 e	-	-
Radiosädelaskin	3 500 e	-	-
Laskijoiden koulutus, tiedonkäsittely ja -analysointi			
Kustannuslaji	Muuttuvat kustannukset		Kiinteä kustannus
	Kustannus / väylä	Kustannus / piste	
Käsinlaskenta	-	133 e	-
Konenäkö	-	960 e	-
Radiosädelaskin	-	-	100 e

Laskennoista aiheutuvat muuttuvat kustannukset on jaoteltu väylä- ja laskentapistekoh-
taisiin kustannustietoihin. Yhdessä laskentapisteessä on vaihtelevasti joko 1 tai 2 lasket-
tavaa väylää. Kahden väylän laskentapisteessä on otettava huomioon ylimääräisen väy-
län aiheuttamat lisäkustannukset erityisesti konelaskinten kohdalla. Myös käsinlaskijoi-
den kyky havainnoida kahta toisistaan erillään olevaa väylää samaan aikaan täytyy ottaa
huomioon. Näin ollen on merkityksellisempää ilmoittaa useimmat kustannustiedot väy-
lä- kuin laskentapistekohtaisesti.

Poikkeuksen muodostavat tiedonkäsittelyyn ja -analysointiin liittyvät kustannukset. Kä-
sinlaskennan tiedonkäsittelyn hinnaksi arvioitiin 133 e per laskentapiste. Tähän sum-
maan sisältyy myös laskijoiden koulutus. Koneellisten laskinten kohdalla tiedonkäsitte-
ly- ja analysointikustannukset on kirjattu niin kuin laskentakojen toimittajat ovat ne
ilmoittaneet eli joko laskentapistekohtaisesti tai kiinteänä, vuotuisena kustannuksena.
Kiinteät kustannukset ovat laskentapisteiden tai väylien määrästä riippumattomia, kuten
ohjelmistojen käyttöoikeuksiin liittyviä, kustannuksia.

8.4.2 Vaihtoehto 1: Hankitaan 2 laskentakojetta vuodessa

Vaihtoehto 1 olettaa, että laskimia hankitaan 2 vuodessa aloittaen radiosädelaskinten
hankinnasta. Kuvassa 40 on esitetty vaihtoehtoon 1 liittyvä koneellisten laskinten han-
kinnan toteutusaikataulu. Radiosädelaskimia vaaditaan yhteensä 9 kappaletta, sillä las-
kentapiste 19 vaatii kaksi laskinta. Laskinten hankintaan kuluu yhteensä 4 vuotta. Ko-
nenäön avulla tehtävään laskentaan tarvittavat videokamerat hankitaan 5:nä vuonna.
Kuudennesta vuodesta alkaen hankintoja ei tarvitse enää tehdä ja laskennoista makse-
taan enää tiedonkäsittely- ja analysointikustannuksia. Vaihtoehto 1:een liittyvät kustan-
nukset on esitetty tarkemmin taulukossa 11. Kymmenen ensimmäisen vuoden ajalta yh-
teiskustannuksia kertyy 99 069 e.

Vuosi	Laskentapistekohdat																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	r	r	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k
2	r	r	k	k	k	k	r	r	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k
3	r	r	k	k	k	k	r	r	r	k	r	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k
4	r	r	k	k	k	k	r	r	r	k	r	k	k	k	k	r	k	k	r	k	k
5	r	r	v	k	k	k	r	r	r	k	r	v	v	v	v	r	k	v	r	k	k

Kuva 40. Vaihtoehdon 1 toteutusaikataulu. Kirjain laskentapisteen kohdalla merkit-
see sitä menetelmää, jolla laskenta kyseisessä pisteessä minäkin vuonna suori-
taan. R = radiosädelaskin, v = videokamera, k = käsinlaskenta.

Taulukko 11. *Vaihtoehtoon 1 kustannukset 10 ensimmäisen vuoden ajalta.*

Vuosi	Kustannus (e)	Vuosi	Kustannus (e)
1	12 412	6	7 934
2	11 963	7	7 934
3	11 515	8	7 934
4	14 475	9	7 934
5	9 034	10	7 934
		10 v. yhteensä	99 069

8.4.3 Vaihtoehto 2: Investoidaan 15 000 e / vuosi

Vaihtoehtossa 2 tarkastellaan sitä, millaiseksi 10 vuoden kokonaiskustannukset muodostuvat, jos kaupunki investoi jalankulku- ja pyöräliikenteen tiedonkeruujärjestelmän kehittämiseen 15 000 e vuodessa. Kuvassa 41 on esitetty vaihtoehtoon 2 liittyvä koneellisten laskinten hankinnan toteutusaikataulu. Pisteet 12 – 15, 18 ja 19 vaativat kaksi laskentakojetta. Näin ollen ensimmäisenä vuonna investoidaan 2 radiosädelaskimeen ja 5 videolaskinta. Toisena vuonna hankitaan 2 radiosädelaskinta ja 2 videolaskin. Kolmantena vuonna hankinnassa on kaksi radiosädelaskinta ja neljäntenä vuonna vain yksi radiosädelaskin ja neljä videolaskinta. Viidentenä vuonna hankitaan kaksi radiosädelaskinta. Kuudennesta vuodesta alkaen hankintoja ei tarvitse enää tehdä. Vaihtoehtoon 2 yhteishinta kymmenenvuoden ajalta on 110 708 e. Kokonaiskustannukset on esitetty tarkemmin taulukossa 12.

Vuosi	Laskentapisteen																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	r	r	v	k	k	k	k	k	k	k	k	v	v	k	k	k	k	k	k	k	k
2	r	r	v	k	k	k	r	r	k	k	k	v	v	k	k	k	k	v	k	k	k
3	r	r	v	k	k	k	r	r	r	k	r	v	v	k	k	k	k	v	k	k	k
4	r	r	v	k	k	k	r	r	r	k	r	v	v	v	v	r	k	v	k	k	k
5	r	r	v	k	k	k	r	r	r	k	r	v	v	v	v	r	k	v	r	k	k

Kuva 41. *Vaihtoehtoon 2 toteutusaikataulu. Kirjain laskentapisteen kohdalla merkitsee sitä menetelmää, jolla laskenta kyseisessä pisteessä minäkin vuonna suoritetaan. R = radiosädelaskin, v = videokamera, k = käsinlaskenta.*

Taulukko 12. *Vaihtoehtoon 2 kustannukset 10 ensimmäisen vuoden ajalta.*

Vuosi	Kustannus (e)	Vuosi	Kustannus (e)
1	14 937	6	7 934
2	14 833	7	7 934
3	14 184	8	7 934
4	12 149	9	7 934
5	14 934	10	7 934
		10 v. yhteensä	110 708

8.4.4 Vaihtoehto 3: Investoidaan 20 000 e / vuosi

Vaihtoehdossa 3 kaupunki investoi jalankulku- ja pyöräliikenteen tiedonkeruujärjestelmän kehittämiseen 20 000 e vuodessa. Kuvassa 42 on esitetty skenaario 3 liittyvä laskentojen toteutusaikataulu. Radiosädelaskimia hankitaan ensimmäisenä vuonna 4 kappaletta, toisena vuonna kolme kappaletta ja kolmantena vuonna kaksi kappaletta. Koneen avulla tehtävää laskentaa varten hankitaan videokameroita toisena vuonna 10 kappaletta ja kolmantena vuonna vielä yksi kappale. Neljännessä vuodesta alkaen hankintoja ei tarvitse enää tehdä ja laskennoista suoritetaan enää tiedonkäsittely- ja analysointikustannuksia. Vaihtoehtoon 3 yhteishinta kymmenenvuoden ajalta on 108 549 e. Kokonaiskustannukset on esitetty tarkemmin taulukossa 13.

Vuosi	Laskentapisteen																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	r	r	k	k	k	k	r	r	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k
2	r	r	k	k	k	k	r	r	r	k	r	v	v	v	v	r	k	v	k	k	k
3	r	r	v	k	k	k	r	r	r	k	r	v	v	v	v	r	k	v	r	k	k
4	r	r	v	k	k	k	r	r	r	k	r	v	v	v	v	r	k	v	r	k	k
5	r	r	v	k	k	k	r	r	r	k	r	v	v	v	v	r	k	v	r	k	v

Kuva 42. Vaihtoehtoon 3 toteutusaikataulu. Kirjain laskentapisteen kohdalla merkitsee sitä menetelmää, jolla laskenta kyseisessä pisteessä minäkin vuonna suoritetaan. R = radiosädelaskin, v = videokamera, k = käsinlaskenta.

Taulukko 13. Vaihtoehtoon 3 kustannukset 10 ensimmäisen vuoden ajalta.

Vuosi	Kustannus (e)	Vuosi	Kustannus (e)
1	18 963	6	7 934
2	18 814	7	7 934
3	15 034	8	7 934
4	7 934	9	7 934
5	7 934	10	7 934
		10 v. yhteensä	108 096

8.4.5 Vaihtoehto 4: Investoidaan 30 000 e / vuosi

Vaihtoehto 4 olettaa, kaupunki investoi jalankulku- ja pyöräliikenteen tiedonkeruujärjestelmän kehittämiseen 30 000 e vuodessa. Kuvassa 43 on esitetty vaihtoehtoon 4 liittyvä koneellisten laskinten hankinnan toteutusaikataulu. Pisteet 12 – 15, 18 ja 19 vaativat kaksi laskentakojetta, muut pisteet yhden koeen. Vaihtoehdossa 4 kaikki hankinnat saadaan suoritettu kahden ensimmäisen vuoden aikana. Ensimmäisenä vuonna hankitaan 7 radiosädelaskinta. Toisena vuonna hankinnassa on 2 radiosädelaskinta ja 11 videolaskinta. Kolmannesta vuodesta alkaen hankintoja ei tarvitse enää tehdä. Vaihtoehtoon 4 yhteishinta kymmenenvuoden ajalta on 108 296 e. Kokonaiskustannukset on esitetty tarkemmin taulukossa 14.

Vuosi	Laskentapisteet																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	r	r	k	k	k	k	r	r	r	k	r	k	k	k	k	r	k	k	k	k	k
2	r	r	v	k	k	k	r	r	r	k	r	v	v	v	v	r	k	v	r	k	k
3	r	r	v	k	k	k	r	r	r	k	r	v	v	v	v	r	k	v	r	k	k
4	r	r	v	k	k	k	r	r	r	k	r	v	v	v	v	r	k	v	r	k	k
5	r	r	v	k	k	k	r	r	r	k	r	v	v	v	v	r	k	v	r	k	k

Kuva 43. Vaihtoehdon 4 toteutusaikataulu. Kirjain laskentapisteen kohdalla merkitsee sitä menetelmää, jolla laskenta kyseisessä pisteessä minäkin vuonna suoritetaan. R = radiosädelaskin, v = videokamera, k = käsinlaskenta.

Taulukko 14. Vaihtoehdon 4 kustannukset 10 ensimmäisen vuoden ajalta.

Vuosi	Kustannus (e)	Vuosi	Kustannus (e)
1	28 790	6	7 934
2	16 034	7	7 934
3	7 934	8	7 934
4	7 934	9	7 934
5	7 934	10	7 934
		10 v. yhteensä	108 296

8.4.6 Vaihtoehto 5: Kaikki hankinnat tehdään ensimmäisenä vuonna

Vaihtoehdossa 5 tarkastellaan tiedonkeruujärjestelmän kokonaiskustannuksia olettaen, että kaikki tarvittavat laitehankinnat suoritetaan ensimmäisen vuoden aikana. Kuvassa 44 on esitetty vaihtoehtoon 4 liittyvä koneellisten laskinten hankinnan toteutusaikataulu. Vaihtoehdon 5 yhteishinta kymmenenvuoden ajalta on 108 296 e. Kokonaiskustannukset on esitetty tarkemmin taulukossa 15.

Vuosi	Laskentapisteet																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	r	r	v	k	k	k	r	r	r	k	r	v	v	v	v	r	k	v	r	k	k
2	r	r	v	k	k	k	r	r	r	k	r	v	v	v	v	r	k	v	r	k	k
3	r	r	v	k	k	k	r	r	r	k	r	v	v	v	v	r	k	v	r	k	k
4	r	r	v	k	k	k	r	r	r	k	r	v	v	v	v	r	k	v	r	k	k
5	r	r	v	k	k	k	r	r	r	k	r	v	v	v	v	r	k	v	r	k	k

Kuva 44. Vaihtoehdon 5 toteutusaikataulu. Kirjain laskentapisteen kohdalla merkitsee sitä menetelmää, jolla laskenta kyseisessä pisteessä minäkin vuonna suoritetaan. R = radiosädelaskin, v = videokamera, k = käsinlaskenta.

Taulukko 15. Vaihtoehdon 5 kustannukset 10 ensimmäisen vuoden ajalta.

Vuosi	Kustannus (e)	Vuosi	Kustannus (e)
1	40 982	6	7 934
2	7 934	7	7 934
3	7 934	8	7 934
4	7 934	9	7 934
5	7 934	10	7 934
		10 v. yhteensä	112 388

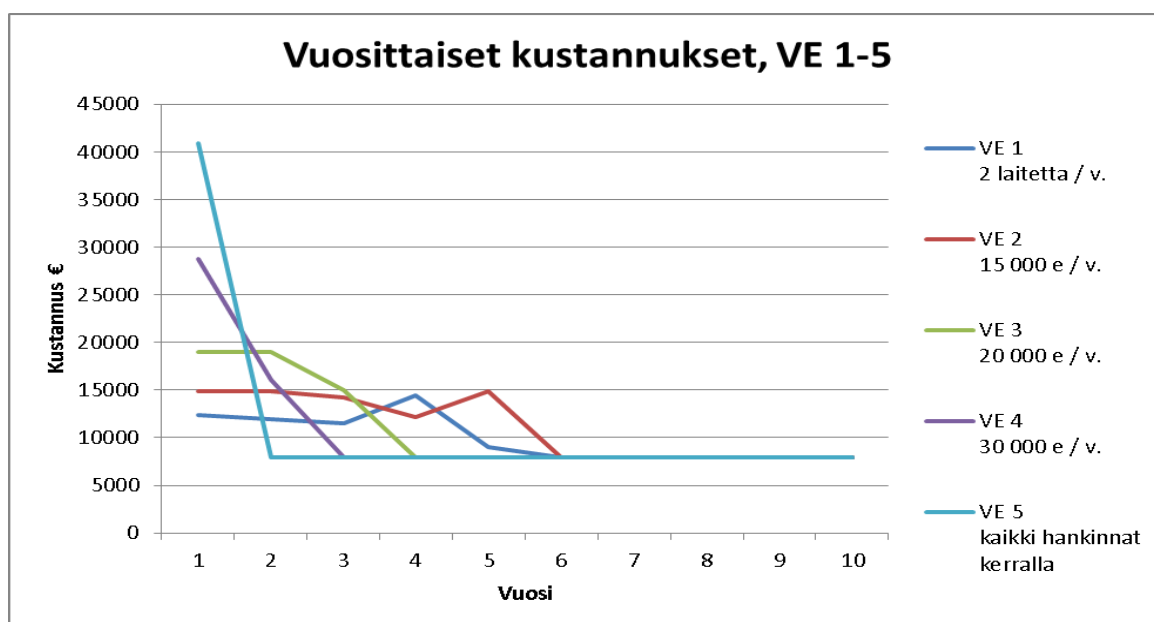
8.4.7 Aikatauluvaihtoehtojen vertailu

Kuvassa 45 esitetään graafisesti vaihtoehtojen 1 – 5 vuosittaiset kustannukset. Alkuvuosien investoinnit ovat eri vaihtoehtojen välillä melko suuriakin, mutta viimeistään kuudennen vuoden kohdalla kaikissa vaihtoehtoissa saavutetaan tilanne, jossa kaikki tarvittavat laitehankinnat on suoritettu. Kuvassa 46 esitetään kymmenen vuoden aikana muodostuneiden kokonaiskustannusten vertailu eri vaihtoehtojen välillä. Koska käsinlaskennan suorittaminen on vuosittain edullisempaa kuin vaikkapa videolaskennan, on vaihtoehtoon 1 liittyvät kokonaiskulut jonkin verran pienemmät kuin sellaisissa vaihtoehtoissa, joissa käsinlaskennasta siirrytään videolaskentoihin nopeammalla aikataululla.

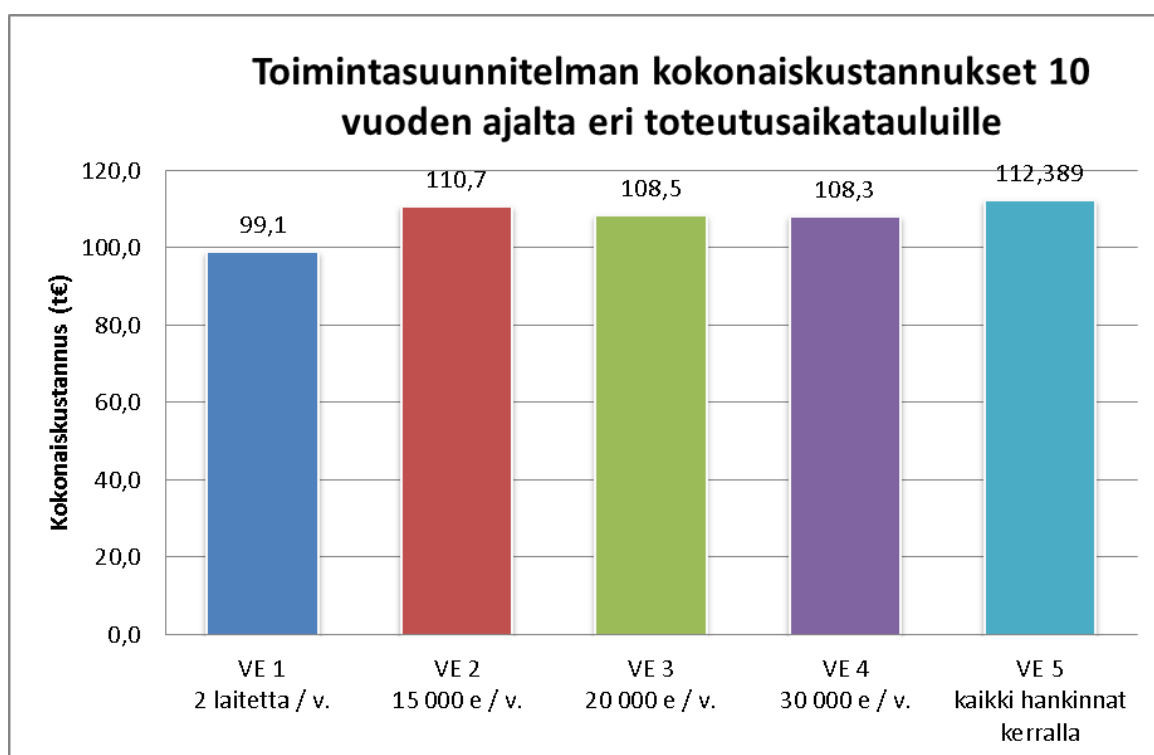
Vaikka vaihtoehdon 1 toteutusaikataulu on verrattain verkkainen, vaikuttaa se parhaalta vaihtoehdolta Rovaniemelle. Kahden laitteen hankinta vuodessa on rauhallinen tahti, joka mahdollistaa tekniikan testaamisen ensimmäisen vuoden aikana melko pienellä investoinnilla. Ensimmäisen vuoden aikana voidaan myös oppia jotain sellaista, joka auttaa seuraavina vuonna hankittavien laitteiden asennuksessa tai vaikkapa laskentapaikan uudelleen valitsemisessa. Toisaalta, laitteiden hankkiminen suurissa erissä oikeuttaisi kaupungin todennäköisesti jonkinlaiseen alennukseen laitetoimittajan puolesta. Tällaista ”paljousalennusta” ei otettu näissä laskelmissa kuitenkaan huomioon, sillä toimituskokonaisuuksista neuvotellaan tyypillisesti kaupungin ja toimittajan välillä tapauskohtaisesti.

Jos laskentalaitteita halutaan hankkia vaihtoehtoa 1 nopeammalla aikataululla, vaikuttavat erityisesti vaihtoehdot 3 ja 4 lupaavilta. Niihin liittyvät 10 vuoden kokonaiskustannukset ovat reilu 9 000 euroa korkeammat verrattuna vaihtoehtoon 1, mutta ympärivuotiset laskennat päästään aloittamaan jo 3 – 4 ensimmäisen vuoden aikana kaikissa konelaskentapisteissä. Kallein vaihtoehto on hankkia kaikki laskentalaitteet yhdellä kertaa. Täytyy kuitenkin korostaa, ettei näissä laskennoissa otettu huomioon mahdollisia toimittajilta saatavia alennuksia. Lisäksi laskennoissa ei ole otettu huomioon inflaatiota tai poistoja.

Ehdotetaan, että Rovaniemi toteuttaa vaihtoehdon 3, joka pysyy kaupungininsinööri Raappanan antamassa arviossa vuotuisesta 20 000 euron budjetista mutta toteuttaa silti suunnitellun laskentajärjestelmän ensimmäisen kolmen vuoden aikana.



Kuva 45. Toimintasuunnitelman vuosittaiset kustannukset vaihtoehdoille 1 – 5.



Kuva 46. Toimintasuunnitelman kokonaiskustannukset 10 vuoden ajalta vaihtoehdoille 1 – 5.

Aikaisemmin todettiin erityisesti GPS- ja lähiverkkopaikannuksiin perustuvien menetelmien kehittyvän lähitulevaisuudessa niin, että ne tulevat muodostamaan tässä toimintasuunnitelmassa esitetyille jalankulku- ja pyöräliikenteen laskentamenetelmille, erityisesti käsinlaskennalle, kilpailukykyisen vaihtoehdon. Toimintasuunnitelman aikatauluun voisi sisällyttää eräänlaisen uudelleenselvityksen, jossa tarkasteltaisiin erityisesti

paikannukseen perustuvien menetelmien saatavuutta sekä käytettävyyttä uudelleen. Tällaisen selvityksen hetki voisi hyvin olla esimerkiksi 5 – 6 vuoden jälkeen, kun kiinteät laskentalaitteet ovat toiminnassa.

Paikannukseen perustuvien laskentamenetelmien käyttöönotto rikastuttaisi Rovaniemellä kerättävää jalankulku- ja pyöräliikennedataa monella tavalla. Paikannuksen avulla voitaisiin korvata käsinlaskennat niissä pisteissä, joissa laskentaa ei voida suorittaa radiosäde- tai videolaskennalla. Näin kaikista toimintasuunnitelmassa esitetyistä 21 tiedonkeruupisteestä saataisiin ympärivuotista, jatkuvaa laskentatietoa. Lisäksi paikannukseen perustuvalla laskentamenetelmällä kyettäisiin laajentamaan tiedonkeruuverkostoa huomattavasti lisäämällä laskentapisteitä myös tässä toimintasuunnitelmassa esitettyjen laskentapisteverkon ulkopuolelle.

Paikkatietojen avulla kyettäisiin kokoamaan dataa myös liikkujien reiteistä. Reittitieto auttaa liikennemallien suunnittelussa sekä erityisesti jalankulku- ja pyöräliikenteeseen kohdistuvien investointien kohdentamisessa oikeille reiteille. Liikkujien mielenkiintoisiksi kokemat kohteet ovat tärkeä tieto matkailun kehityksen kannalta: reittitiedon avulla voidaan nähdä minne ihmiset tyypillisesti liikkuvat tai eivät liiku, pohtia syitä tehtyyn havaintoon ja tarvittaessa kohdistaa reiteille korjaustoimenpiteitä, jotka voivat yksinkertaisimmillaan olla vaikkapa reittiviitoituksen ja ohjeiden parantamista.

9. YHTEENVETO JA POHDINTA

9.1 Yhteenveto

Diplomityön tarkoituksena oli tutkia jalankulku- ja pyöräliikenteen tiedonkeruumenetelmiä ja muodostaa konkreettinen ehdotus Rovaniemen kaupungille siitä, miten jalankulku- ja pyöräliikenteeseen liittyvää tietoa voidaan kerätä. Tutkimusongelma asetettiin seuraavasti:

Pääongelma: *Millainen kävelyn ja pyöräilyn tiedonkeruujärjestelmä tukee parhaiten Rovaniemen liikennejärjestelmän kehittämistä?*

Pääongelmaan liittyen luotiin kolme alaongelmaa, joihin vastattiin diplomityön kuluessa niin, että ensimmäistä alaongelmaa käsiteltiin luvuissa 3 ja 4, toista alaongelmaa luvuissa 5 ja 6 sekä lopuksi kolmatta alaongelmaa luvuissa 7 ja 8. Seuraavaksi esitetään yhteenveto kunkin ongelman käsittelystä.

Alaongelma 1: *Millaista liikennetietoa tarvitaan pohjaksi jalankulku- ja pyöräliikenteen liikennejärjestelmän kehittämiseksi sekä jalankulku- ja pyöräliikenteeseen liittyville uusille liikenne- ja liikkumispalveluille?*

Ensimmäisenä pohdittiin sitä, miksi jalankulusta ja pyöräilystä tulee ylipäänsä kerätä tietoa. Niin valtakunnalliset kuin Rovaniemen alueellisetkin liikennepoliittiset tavoitteet kannustavat kävelyn ja pyöräilyn lisäämiseen. Kuinka paljon ja missä Rovaniemellä kävellään? Missä menevät pyöräilijöiden suosituimmat reitit? Näitä kysymyksiä pohditaan, kun tehdään päätöksiä ja suunnitelmia Rovaniemen kävelyn ja pyöräilyn edistämiseksi. Tällä hetkellä kävelijöiden ja pyöräilijöiden todellisesta tilasta ei ole tarkkaa tietoa, joten päätöksenteko esimerkiksi pyöräkaistainvestointeihin liittyen on haastavaa. Myös suunnittelijat kaipaavat määrätietoa jalankulusta ja pyöräilystä, jotta liikenneväylien mitoittaminen onnistuu mahdollisimman hyvin. Liikennetiedonkeruu on tyypillisesti suunnattu moottoriajoneuvoliikenteeseen, jonka laskennasta on tarjolla suhteellisen paljon tietoa. Kävely ja pyöräily eroavat kuitenkin huomattavasti moottoriajoneuvoista, joten moottoriajoneuvoliikenteen laskentaan sopivat periaatteet eivät automaattisesti sovellu kävelyn ja pyöräilyn laskentaan. Näin ollen, tiedonkeruu jalankulkuun ja pyöräilyyn liittyen on erinomaisen tärkeää, kun halutaan panostaa kävelyn ja pyöräilyn suosion nostamiseen.

Liikennetietoa hyödynnetään monipuolisesti niin liikkujien, päättäjien, virkamiesten, päättäjien, suunnittelijoiden kuin kaupallisten toimijoidenkin puolesta. Asiantuntija-haastattelujen pohjalta tunnistettiin seuraavat liikennetiedon hyödyntämisen pääkohteet:

- strategioiden ja tavoitteiden asettelu,
- kaavoitus ja maankäyttö,
- rahoitus ja budjetointi,
- liikennejärjestelmän hallinta,
- tekninen suunnittelu,
- kunnossapidon suunnittelu ja toiminnan arviointi,
- markkinointi,
- liikkumispalvelut ja
- liikkujien tarpeet.

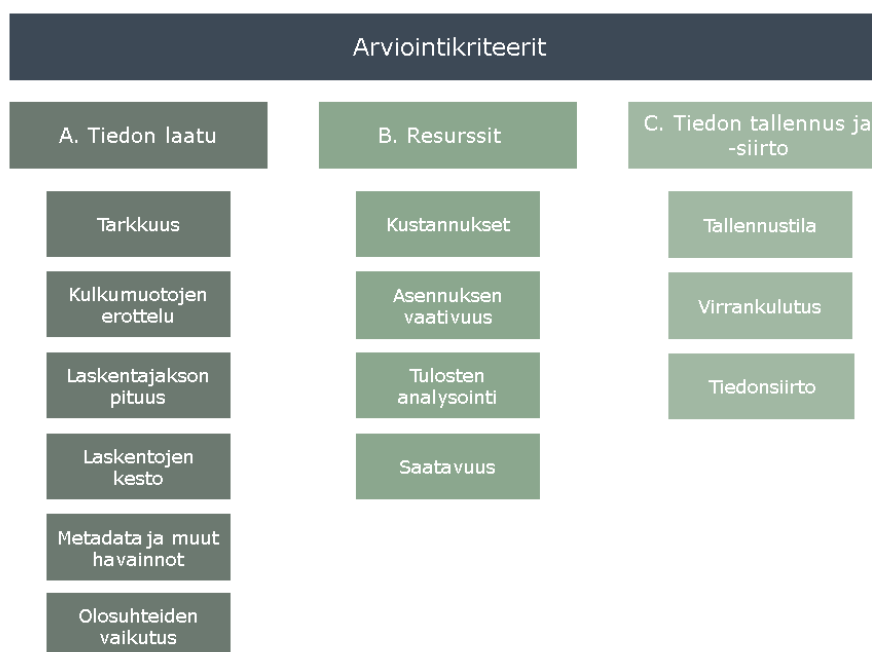
Haastatteluissa asiantuntijat nostivat tulevaisuuden liikenne- ja liikkumispalveluista esille vahvistuvan jakamistalouden ja kokonaisvaltaiset liikkumispalvelut. Nämä palvelut vaativat entistä tarkempaa reitti- ja paikkatietoa, jotta yhteiskäytössä olevia ajoneuvoja voidaan koordinoita. Asiantuntijat nostivat esille myös sen, että tulevaisuudessa myös liikenteen ulkopuoliset toimijat, kuten liike-elämän toimijat ovat kiinnostuneita erityisesti liiketilojen ympärillä liikkuvien ihmisten määrästä. Tätä varten kaupungeilla tulisi olla valmius kertoa kaupallisille toimijoille, kuinka paljon esimerkiksi kävelijöitä ja oleskelijoita kaupungin keskustassa ja muilla ostosalueilla liikkuu.

Liikennetiedon käyttökohteiden ollessa monipuolisia ja laajoja on selvää, että tarvittava liikennetieto täytyy olla monimuotoista käyttökohteestaan riippuen. Ei ole mahdollista määrittää tarkalleen sitä, millaista tietoa liikenteestä tulisi kerätä vaan erilaiset käyttökohteet vaativat vaihtelevaa tietoa. Näin ollen ei ole olemassa myöskään yksiselitteistä listaa siitä, mitä tunnuslukuja jalankulku- ja pyöräliikenteestä tulisi poikkeuksetta seurata. Diplomityössä koottiin jalankulku- ja pyöräliikenteeseen vaikuttavista tekijöistä koostuva tunnuslukujoukko, jossa painotettiin erityisesti kävelyn ja pyöräilyn erottelua toisistaan sekä niitä tekijöitä, jotka haastattelu- ja kirjallisuustutkimuksen perusteella vaikuttavat merkittävimmin kävelyn ja pyöräilyn valintaan. Tämä tunnuslukujoukko kuvastaa niitä tietoja, joita tarvitaan pohjaksi jalankulku- ja pyöräliikenteen liikennejärjestelmän kehittämiseksi sekä jalankulku- ja pyöräliikenteeseen liittyville uusille liikenne- ja liikkumispalveluille.

Alaongelma 2: *Millaisia jalankulku- ja pyöräliikenteen tiedonkeruumenetelmiä on käytössä, millaisia uusia menetelmiä on tutkittu ja miten menetelmien hyvyttä voidaan arvioida?*

Liikennetiedon tuottaminen on perinteisesti jaettu kolmeen kategoriaan: liikennelaskennat, liikennekyselyt ja havainnointitutkimukset. Tekniikan kehittyessä tämä jaottelu on kuitenkin katoamassa, kun yhdellä menetelmällä voidaan kerätä tietoa, joka sopii kaikkiin edellä mainittuihin kategorioihin. Diplomityön rajallisuuden vuoksi työssä kuitenkin keskityttiin vain niihin menetelmiin, joilla voidaan tuottaa eritoten tietoa liikennemäärästä. Näihin menetelmiin viitattiin liikennelaskentamenetelminä, vaikka erityisesti kehittyneemmät laskentatekniikat voitaisiin luokitella myös liikennekysely- ja havainnointitutkimusmenetelmiksi.

Liikennelaskentamenetelmien arviointiin ei ole olemassa yksittäistä kriteeristöä, sillä vaatimukset laskentamenetelmille ovat kaupunkikohtaisia. Diplomityössä laadittiin yleispätevä arviointikriteeristö, jota kaupungit voivat muokata oman tarpeidensa mukaisesti. Kriteeristö koostuu kolmesta eri kategoriasta: kerätyn tiedon laatu, tarvittavat resurssit sekä tiedon tallennus ja -siirto. Kategorioihin liittyy yhteensä 13 kriteeriä, joiden avulla erityisesti kävelyn ja pyöräilyn liikennelaskentamenetelmiä voidaan arvioida. Kriteeristö on esitetty kuvassa 47.



Kuva 47. Liikennelaskentamenetelmien arviointiin kehitetty kriteeristö.

Liikennelaskentamenetelmät jaettiin laskentatekniikan mukaan käsinlaskentaan, konelaskentaan ja paikannukseen perustuvaan laskentaan. Käsinlaskenta on suhteellisen korkeista kuluistaan, hitaudesta ja inhimillisen virheen riskistä huolimatta edelleen suosittu jalankulku- ja pyöräliikenteen laskentamenetelmä. Myös haastattelututkimuksen yhteydessä useampi kävelyn ja pyöräilyn asiantuntija esitti, että vaikka liikennelaskentoja automatisoidaan kovaa tahtia ja saatavilla on melko kehittyneitä laskentateknologioita, kannattaa käsinlaskentaa suorittaa edelleen.

Konelaskentamenetelmiksi luokiteltiin kaikki perinteiset automaattisen laskennan laitteet, jotka vaativat fyysisten laskentakojien sijoittamista laskentapisteen läheisyyteen. Käsitellyt konelaskentamenetelmät olivat induktiosilmukka, infrapunalaskin, letkulaskin, laserskanneri, painemittari, tutkalaskin, radiosädelaskin, hahmontunnistus konenäön avulla videokuvalta sekä lämpökamera. Erityisesti induktiosilmukka-infrapunalaskin on kestävä laskentamenetelmä, jolla pystytään tuottamaan tietoa niin jalankulun kuin pyöräilynkin määrästä. Useat maahan asennettavat tai maan päällä toimivat laskimet, kuten letkulaskin tai painelaskimet, toimivat rajatuissa sääolosuhteissa, eivätkä sovellu ympärivuotiseen laskentaan. Radioaaltotekniikkaan tukeutuvat menetel-

mät, tutkalaskin ja radiosädelaskin, ovat lupaavia, sillä ne eivät vaadi häiriötöntä näkökenttää. Kokemukset kyseisistä menetelmistä ovat kuitenkin vielä vähäisiä. Konenäöllä tehtävään laskenta-analyysiin perustuu puolestaan videolaskenta, johon voidaan hyödyntää normaalia videokameraa tai lämpökameraa. Lämpökamera poistaa videokameralle tyypilliset, näkökentän häiriöihin liittyvät, ongelmat mutta siihen liittyvän laskentatuotteen saatavuus on vielä heikko.

Käsinlaskennan ja koneellisen laskennan rinnalle on viime vuosina esitetty useita erilaisia paikannukseen perustuvia menetelmiä, joiden avulla pyritään syventämään liikkujista kerättävää tietoa. Paikannusmenetelmillä voidaan tutkia esimerkiksi kävelijöiden ja pyöräilijöiden todellisia reittejä tai analysoida kaupungin alueita, joita liikkujat välttelevät vaikkapa turvallisuusongelmien tai huonon viihtyvyyden vuoksi. Paikannukseen perustuvista laskentamenetelmistä työssä käsiteltiin satelliittipaikannusta, matkapuhelinverkkopaikannusta sekä liki- ja lähiverkkopaikannusta. Satelliittipaikannus eli tässä tapauksessa GPS-paikannus on mielenkiintoinen mahdollisuus liikennetiedon keräämiseen. Siihen liittyy paikannustietoja keräävän sovelluksen kehityksen tarve tai vaihtoehtoisesti tällaisten tietojen osto kolmannelta osapuolelta. GPS-paikannus on tarkka, joten sillä voidaan kerätä hyvin esimerkiksi reittitietoa. Toisaalta, menetelmällä ei ole tutkimuksissa päästy kovinkaan korkeisiin havainnointiasteisiin, sillä liikkujien tulisi ladata paikannussovellus esimerkiksi matkapuhelimiinsa ja hyväksyä sijaintitietojen jakaminen, jotta liikkumistietoa voitaisiin kerätä. Tulevaisuudessa GPS-paikannusta hyödynnetään liikennetiedonkeruussa todennäköisesti kasvavassa määrin mutta vaikuttaa siltä, että se tulee tarvitsemaan rinnalleen myös muita laskentamenetelmiä. Matkapuhelinverkkopaikannus perustuu matkapuhelinverkon kautta tehtävään liikkujan sijainnin määrittelyyn. Matkapuhelinverkon kehittyessä kyky paikallistaa puhelin tarkasti kuitenkin heikkenee, eikä menetelmä vaikuta olevan tarpeeksi tarkka keskustan sisäisen liikenteen laskentaan. Lähiverkkopaikannukseen perustuva liikennelaskentamenetelmä hyödyntää liikkujien kantamien laitteiden lähettämää bluetooth- ja WLAN -signaaleja, joita tutkimalla voidaan päätellä liikkujien määrä tietyn sensorin lähistöllä. Menetelmä vaikuttaa potentiaaliselta, vaikka toteutettujen tutkimusten tulokset viittaavat melko huonoon havainnointiasteeseen. Kuten GPS-paikannukseen perustuva laskentamenetelmä, myös lähiverkkopaikannus voisi toimia erityisesti muiden laskentamenetelmien rinnalla.

Alaongelma 3: *Miten jalankulun ja pyöräilyn liikennetiedonkeruuta suoritetaan tällä hetkellä Rovaniemellä sekä miten tiedonkeruuta voidaan kehittää kaupungin ydinkeskustassa?*

Rovaniemen jalankulku- ja pyöräliikenteen tiedonkeruu muodostuu tällä hetkellä kahden vuoden välein tehtävistä laskennoista. Laskennat tehtiin ensimmäisen kerran vuonna 2012, jonka jälkeen seurantalaskentoja on suoritettu vuosina 2015 ja 2017. Käsinlaskentapisteitä oli ensimmäisenä ja toisena vuonna 14. Kolmantena vuonna laskentapisteitä oli 15. Käsinlaskentapisteet on sijoitettu ajoneuvoliikenteen ehdoilla ja ne ovat jalan-

kulun ja pyöräilyn seuraamisen tarkoitukseen nähden tarpeettoman kaukana kaupungin keskustasta. Vuonna 2012, 2013 ja 2015 suoritettiin lisäksi konelaskentaa tutkalaskimella yhdessä pisteessä, valtatie 4 pohjoispäässä, yhden viikon ajalta. Vuonna 2017 konelaskentaa laajennettiin lisäksi kahteen uuteen laskentapisteeseen, Saarenkylään ja Jätkäkynttilän itäpäähän. Automaattilaskennoissa ei eroteltu jalankulkijoita pyöräilijöistä, mikä hankaloittaa tulosten käytettävyyttä.

Tällä hetkellä Rovaniemen jalankulku- ja pyöräliikenteen keruu on niin sanotusti lapsen kengissä – laskentoja tehdään kahden vuoden välein ja epäsovivissa laskentapisteeissä. Rovaniemen haastattelututkimuksessa kävi ilmi, että suurimmat laskentajärjestelmään liittyvät haasteet ovat seuraavat:

- tunnuslukujen asettamisen haasteellisuus,
- liikennelaskennat eivät kata kaupungin ydinkeskustaa,
- otoslaskenta ei kuvaa liikennettä kokonaisvaltaisesti,
- tuotetun liikennetiedon tarkoituksenmukainen käyttö on haastavaa,
- asukkaiden ja matkailijoiden liikennejärjestelmään liittyviä kokemuksia ja mielipiteitä ei tunneta ja
- liikennetiedon jakaminen sidosryhmille on haastavaa

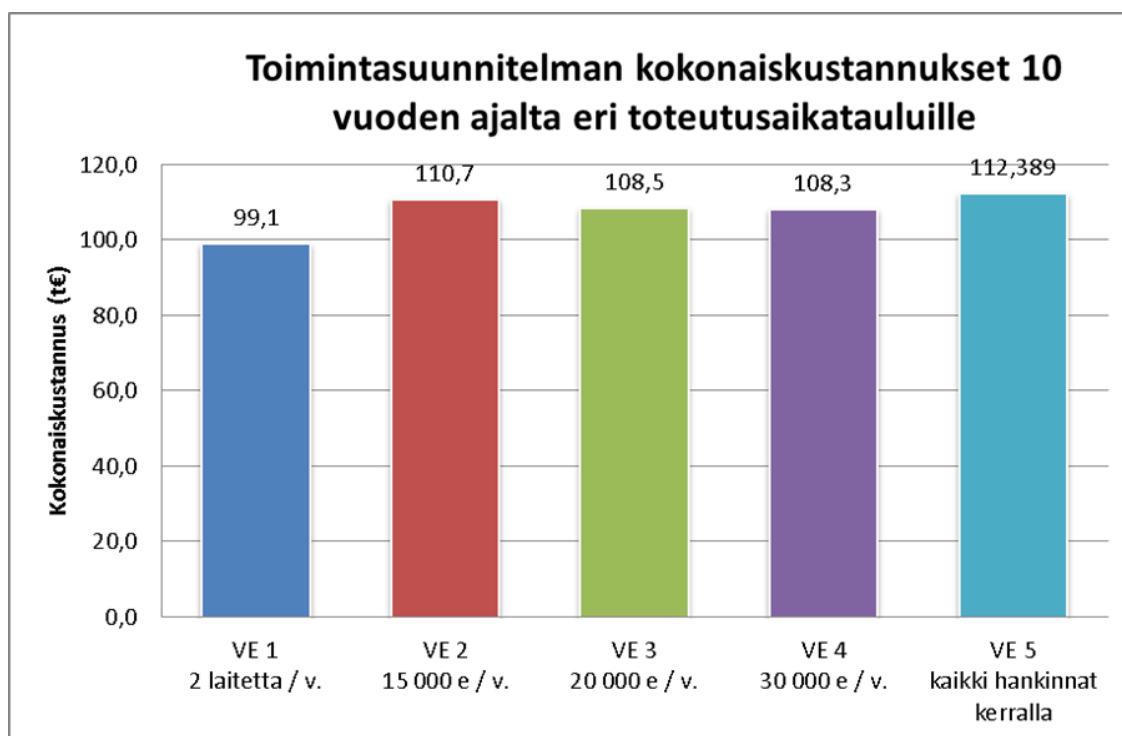
Toimintasuunnitelmaa kehittäessä otettiin tavoitteeksi vastata erityisesti kolmeen ensimmäiseen haasteeseen, jotka käsittelevät läheisesti liikennelaskentoja.

Rovaniemen jalankulku- ja pyöräliikenteen tiedonkeruujärjestelmälle ehdotettiin heidän tietotarpeisiin sopivia tunnuslukuja sekä tiedonkeruupisteitä. Tiedonkeruu ehdotettiin järjestettäväksi niin keskustan kehällä kuin ydinkeskustassakin, yhteensä 21 tiedonkeruupisteessä. Laskentamenetelmiä valitessa vertailtiin luvuissa 6 käsiteltyjä laskentamenetelmiä toisiinsa aiemmin kehitettyjen arviointikriteerien avulla. Menetelmistä erityisesti induktiosilmukan ja passiivisen infrapunalaskimen yhdistelmä, radiosädelaskin ja videokuvan automaattiseen analysointiin perustuva laskenta soveltuu jalankulun ja pyöräilyn eroteltuun laskentaan Rovaniemellä. Vaikuttaisi myös siltä, että tekniikan hieman kehittyessä, erityisesti lähiverkkopaikannukseen ja satelliittipaikannukseen perustuvat tiedonkeruumenetelmät mahdollistavat sellaisen liikennetiedon keruun, josta nykypäivän liikenneinsinööri joutuu vielä vain haaveilemaan. Sensoreiden suhteellisen halvan hinnan myötä laskentapisteverkkoa voidaan laajentaa huomattavasti, jolloin laskentadataa saadaan laajemmalta alueelta ja liikkujien sijaintitiedon keruun ansiosta voitaisiin luoda käsitys kävelijöiden ja pyöräilijöiden käyttämistä reiteistä. Lopulta toimintasuunnitelmaan ehdotetaan laskentamenetelmiksi käsinlaskenta, radiosädelaskenta ja konenäön avulla tehtävä videolaskenta. Induktiosilmukka-infrapunalaskin hylättiin erityisesti siihen liittyvien korkeiden kustannusten ja haastavan asennuksen vuoksi.

Toimintasuunnitelman toteutusaikataululle luotiin viisi vaihtoehtoa, jotka määrittelevät myös sitä, millaiset kustannukset toimintasuunnitelman toteutuksesta syntyy. Vaihtoehdot olivat: 1) laitehankintoja tehdään 2 kojetta / vuosi tahdilla, 2) laskentoihin investoi-

daan maksimissaan 15 000 e / vuosi, 3) laskentoihin investoidaan maksimissaan 20 000 e / vuosi, 4) laskentoihin investoidaan maksimissaan 30 000 e / vuosi ja 5) kaikki laitehankinnat tehdään ensimmäisen vuoden aikana. Kymmenen vuotta oletettiin ajaksi, jonka laskentakokojeet toimivat ennen kuin ne täytyy korvata. Näin ollen jokaiselle vaihtoehdolle laskettiin 10 vuoden kokonaiskustannukset, jotka on esitetty kuvassa 48.

Vaihtoehto 1 vaikuttaa kustannusten puolesta parhaalta vaihtoehdolta. Toisaalta, se mahdollistaa jatkuvan laskennan kaikissa konelaskentapisteissä vasta kuudentena vuonna sen jälkeen, kun toimintasuunnitelman toteutus on aloitettu. Hidas laitteiden hankintanopeus mahdollistaa kuitenkin tasaiset hankintakulut, joihin päättäjät ovat todennäköisesti halukkaampia myöntämään kaupungin varoja. Loppujen lopuksi, erot kokonaiskustannuksissa kaikkien vaihtoehtojen välillä on melko pieni, suurimmillaan vajaa 13 300 euroa. Ehdotetaan, että Rovaniemi toteuttaa vaihtoehdon 3, joka pysyy kaupungin-insinööri Raappanan antamassa arviossa vuotuisesta 20 000 euron budjetista mutta toteuttaa silti suunnitellun laskentajärjestelmän ensimmäisen kolmen vuoden aikana.



Kuva 48. Toimintasuunnitelman kokonaiskustannukset 10 vuoden ajalta eri vaihtoehdoille.

9.2 Pohdinta

Tämä tutkimus perustuu haastattelututkimukseen, kirjallisuuskatsaukseen sekä tapaus-tutkimukseen. Kirjallisuustutkimuksen perusteella jalankulun- ja pyöräliikenteen tiedonkeruuta tutkitaan paljon mutta ajoneuvoliikenteen tiedonkeruulle tyypillinen selkeä kokonaisuus erityisesti viranomaisten antamien ohjeiden kannalta vaikuttaa puutteelli-

selta. Etsivä tiedonhakija voi kuitenkin löytää muutamia erinomaisia selvityksiä, jotka käsittelevät aihetta ja antavat suosituksia. On kuitenkin selvää, että yhtenäiselle jalankulku- ja pyöräliikenteen tiedonkeruun ohjeistukselle olisi tarvetta.

Koska kirjallisuustutkimus tuotti vaihtelevia tuloksia, oli oleellista hankkia aineistoa myös muilla keinoilla. Tähän tehtävään valittiin haastattelututkimus. Asiantuntijahaastattelut toteutettiin niin, että vastaajat edustivat mahdollisimman laajasti kävelyyn, pyöräilyyn ja liikennelaskentaan liittyviä toimijoita. Muun muassa Liikenneviraston, kaupungin ja konsulttiyrityksen näkökulma saatiin haastatteluissa esille. Haastattelututkimusta pidetään melko onnistuneena, sillä tuloksista saatiin hyvin selkeät linjat sille, miten diplomityötä lähdettiin rakentamaan.

Diplomityössä suoritettiin myös kunnille suunnattu kysely, jossa tiedusteltiin 20 suurimman suomalaisen kunnan jalankulku- ja pyöräliikenteen laskentaohjelmia. Tulokset olivat mielenkiintoisia: lähes jokainen systemaattisesti jalankulku- ja pyöräliikennettä laskevaa kuntaa käyttää menetelmänään induktiosilmukka-infrapunalaskinta. Tutkimuksesta käy myös ilmi se, että kiinnostus kävely- ja pyöräilylaskentoihin on noussut esimerkiksi verrattaessa Majalan vuonna 2011 tekemään selvitykseen. Kunnille suunnattua kyselyä jäi loppujen lopuksi hieman irralliseksi kokonaisuudeksi diplomityön kokonaisuudesta ja kyselyn kytkeminen itse tutkimusongelmaan oli hiukan ontuvaa. Tarkoituksena oli tuottaa aineistoa toista tutkimuksen alaongelmaa (*”Millaisia jalankulku- ja pyöräliikenteen tiedonkeruumenetelmiä on käytössä, millaisia uusia menetelmiä on tutkittu ja miten menetelmien hyvyttä voidaan arvioida?”*) varten. Harmittavasti kaikki kunnat käyttivät lähes samaa laskentamenetelmää, jolloin kyselytutkimuksen tuottama tietoarvo tiedon ja innovaation lähteenä oli heikohko.

Diplomityössä toteutettiin kolmaskin haastattelu, jossa keskusteltiin Rovaniemen nykyisestä liikennetiedonkeruujärjestelmästä niin sanottujen asianomaisten kanssa. Haastateltavana olivat Rovaniemen kaupungininsinööri Aku Raappana, Lapin ELY-keskuksen Ulla Alapeteri ja Rovaniemen liikennelaskennoista edellisissä laskennoissa vastanneen Ramboll Finland Oy:n Vesa Verronen ja Tuomo Vesajoki. Haastattelututkimus oli jokseenkin onnistunut. Vastaajien hyvin erilaiset taustat aiheuttivat sen, että jokaisessa haastattelussa ikään kuin luisuttiin käsittelemään melko erilaisia aihealueita monipuolisista näkökulmista. Haastattelut tuottivatkin jonkin verran keskenään erilaista ja paikoitellen jopa ristiriidassa olevaa aineistoa, jonka yhteen kokoaminen koettiin haastavaksi. Harjaantuneempi haastattelija olisi varmasti saanut näistä erilaisista haastatteluista paremmin päätelmiä irti. Tämä haastattelututkimus toimikin aineiston keruun lisäksi erityisesti työn tekijän haastattelutaitojen kehitystehtävänä.

Kirjallisuuskatsauksen ja haastattelututkimusten perusteella ryhdyttiin työstämään taustatutkimusta, jonka tarkoituksena oli kehittää Rovaniemen jalankulku- ja pyöräliikenteen tiedonkeruujärjestelmää. Tehtävä koettiin haastavaksi, sillä tehtävänannossa tai Rovaniemen haastatteluissa ei käynyt ilmi kovinkaan tiukkoja kriteerejä sille, millainen

tiedonkeruujärjestelmästä tulisi muodostua. Suunnitelman kokoaminen tiettyjen, laajojen reunaehto- ja sisällä osoittautui haastavaksi. Esimerkiksi laskentamenetelmän valinnan pohjaksi ei ollut käytettävissä kovinkaan selviä vaatimuksia. Myöskään työn teoriaosuudessa luotua laskentamenetelmien arviointikriteeristöä ei päästy hyödyntämään aivan siinä laajuudessa kuin aluksi ajateltiin. Lopullinen toimintasuunnitelma syntyikin yhdistellen tieteellistä tietoa ja ”informoituja arvauksia”. Ehkä tämä prosessi sopiikin työn alussa valittuun, pragmaattiseen tutkimusfilosofiaan.

Vaikka työn kohdekaupunki olikin Rovaniemi, koetaan, että työssä esitetty teoriaosuus ja jopa toimintasuunnitelma sopisivat mille tahansa pienelle tai keskisuurelle kaupungille. Rovaniemen tapaus osoittaa muille kaupungeille erityisesti sen, että jalankulku- ja pyöräliikenteen tiedonkeruuprosessi kannattaa erottaa heti ensimmäiseksi ajoneuvoliikenteen tiedonkeruusta. Rovaniemen tapauksessa on nähty, että yhdistelemällä kaikkien kulkumuotojen tiedonkeruun samaan pisteeseen päädytään tiedonkeruuseen ajoneuvojen ehdoilla. Laskentapisteen sijaitessa ajoneuvoille otollisissa paikoissa, saadaan kävely- ja pyöräilylle tyypillisesti verrattain pienet kulkutapaosuudet. Erityisesti kävely tapahtuu kaupungin ydinkeskustassa, joten laskentapistet tulee sijoittaa keskustaan ja keskustan kehälle. Muut kaupungit, koosta riippumatta, voivat myös hyödyntää diplomityön teoriaosuudessa koottua jalankulun ja pyöräilyn tunnuslukujoukkoa sekä laskentalaiteiden arviointiin kehitettyä kriteeristöä.

Diplomityön perusteella erityinen jatkotutkimuksen tarve liittyy paikannukseen perustuviin jalankulku- ja pyöräliikenteen laskentamenetelmiin. Lähiverkko- tai GPS-paikannusta käyttävät liikennelaskentamenetelmät ovat kirjallisuustutkimuksen perusteella saaneet positiivisen vastaanoton, vaikkakin menetelmien rajallisuus tarkkana laskentamenetelmänä täytyy ottaa huomioon. Paikannukseen pohjautuva liikennetiedonkeruumenetelmä mahdollistaa kuitenkin katsauksen esimerkiksi liikkujien käyttämiin reitteihin. Pyöräilijöiden reittitiedot olisi arvokas tieto Rovaniemellä erityisesti lähitulevaisuudessa, kun pyöräilyyn liittyviä infrastruktuuriparannuksia ja pyöräilyn pääväyliä suunnitellaan. Mielenkiintoinen ja tarpeellinen jatkotutkimuksen tarve olisikin tutkia paikannukseen perustuvien liikennetiedonkeruumenetelmien käyttöönottoa ja kehittää tähän tarvittava liikennetiedonkeruupalvelu Rovaniemelle. Erityisesti lähiverkkopaikannusmenetelmä on potentiaalinen kehityskohde, sillä se ei vaadi GPS-laitteen tapaista liikkujan aktivoimista ja otoskoko on näin ollen todennäköisesti GPS-paikannusta suurempi. Tällaisella palvelulla on paljon potentiaalia, sillä kirjallisuustutkimuksen mukaan juuri kukaan ei vielä ole onnistuneesti kaupallistanut lähiverkkopaikannukseen perustuvaa tiedonkeruumenetelmää.

LÄHTEET

- [1] Andersen, Oddgeir. Gundersen, Vegard. Wold, Line C. Stange, Erik. (2013). Monitoring visitors to natural areas in wintertime: issues in counter accuracy. *Journal of Sustainable Tourism*. Volume 22, 2014 - Issue 4. s. 550-560.
- [2] Andrews, David. (2010). *Philosophical Issues in the Practice of Engineering Design*. Kappale teoksesta *Philosophy of Engineering*. Volume 1 of the proceedings of a series of seminars held at The Royal Academy of Engineering. The Royal Academy of Engineering. Saatavissa: <http://www.raeng.org.uk/publications/reports/philosophy-of-engineering-volume-1>
- [3] Anttila, Pirkko. (2006). *Tutkimuksen logiikka ja strategiset valinnat*. Hämeen ammattikorkeakoulu. Saatavissa: http://www.hamk.fi/verkostot/kudos/tutkiva-toiminta/Documents/HAMK_5_Tutkimuksen_logiikka_ja_strategiset_valinnat.pdf
- [4] Benfold, Ben. (Julkaisuvuosi ei tiedossa). *Pedestrian tracking*. BMVA, The British Machine Vision Association and Society for Pattern Recognition. [Verkkodokumentti]. [Viitattu: 16.8.2017]. Saatavissa: <http://www.bmva.org/apps/pedestrian>
- [5] Bonnel, Patrick. Hombourger, Etienne. Olteanu-Raimond, Ana-Maria. Smoreda, Zbigniew. (2015). *Passive Mobile Phone Dataset to Construct Origin-destination Matrix: Potentials and Limitations*. *Transportation Research Procedia*. Volume 11, 2012. 381-398.
- [6] Brisk Synergies. (Julkaisuvuosi ei tiedossa). *Continuous Analysis of Traffic Flow & Road Safety*. [Verkkodokumentti]. [Viitattu: 17.8.2017]. Saatavissa: <https://brisksynergies.com/briskvantage-platform/>
- [7] Broach, Joseph. Dill, Jennifer. Gliebe, John. (2012). *Where do cyclist ride? A route choice model developed with revealed preference GPS data*. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. Volume 46, Issue 10. December 2012. 1730-1740. Saatavissa:
- [8] Brändle, N., A. N. Belbachir, and S. Schraml. (2010). *SmartCountplus — Towards Automated Counting and Modelling of Non-Motorised Traffic with a Stand-Alone Sensor Device*. *Proceedings of the 15th International Conference on*

Urban Planning and Regional Development in the Information Society, Vienna, Austria, Toukokuu 2010. 1261–1266.

- [9] Böhm, Maximilian F. (2016). Digital based Pedestrian Counting. Master's Thesis. Department of Civil and Transport Engineering. Norwegian University of Science and Technology.
- [10] Caceres, N. Wideberg, J. P. Benitez, F. G. (2007). Deriving origin–destination data from a mobile phone network. IET Intell. Transp. Syst., 2007, 1, (1), pp. 15–26. Saatavissa: http://www.esi2.us.es/GT/docs/iet_art1.pdf
- [11] Cellmapper. (2017). Cellular tower and coverage mapping service. [Viitattu: 16.6.2017]. Saatavissa: <https://www.cellmapper.net/map>
- [12] Chambers Electronics. (Julkaisuvuosi ei tiedossa). The RadioBeam™ Counting Solution. Saatavissa: http://www.chambers-electronics.com/assets/pdfs/RadioBeam_Outdoor_Counters.pdf
- [13] Chapman Lahti, Aleksiiina. Miranda-Moreno, Luis F. (2012). Weather or Not to Walk: The Effect of Weather and Temporal Trends During Temperate and Winter on Sidewalk Pedestrian Volumes in Montreal, Canada. Transportation Research Board 91st Annual Meeting.
- [14] Chen, Yuanyuan. Guo, Shuqin. Zhang, Biaobiao. Du, K. L. (2013). A Pedestrian Detection and Tracking System Based on Video Processing Technology. 2013 Fourth Global Congress on Intelligent Systems.
- [15] DAS. (2017). Tietopyyntö diplomityötä varten: Rantavitikan asuinpaikkojen määrä. Sähköpostiviesti 2.10.2017. Vastaanottaja: Marianne Keränen. Asiakaspalvelija Annukka Lehtosen vastaus sähköpostiviestiin.
- [16] De Matos, Alexandre. (2017). Miovision Ped&Bike. Sähköpostiviesti 4.10.2017. Vastaanottaja: Marianne Keränen. Miovision Account Executive de Matosin vastaus sähköpostiviestiin.
- [17] Diogenes, M.C. Greene-Roesel, R. Arnold, L. Ragland, D.R. (2007). Pedestrians Counting Methods at Intersections: A Comparative Study. In Transportation Research Board 86th Annual Meeting. Transportation Research Board.
- [18] Eady, Josephine. Burt, Duane. Rossiter, Ben. Daff, Malcom. Munro, Cameron. (2013). Measuring Walking – A Guide for Councils. Victoria Walks Inc. Saatavissa: http://www.victoriawalks.org.au/Assets/Files/FINAL_Guide_to_measuring_walking_WEBv1.0.pdf

- [19] Eco-Counter. (Julkaisuvuosi ei tiedossa). Solutions – Transmit. [Verkkodokumentti]. [Viitattu: 28.7.2017]. Saatavissa: http://www.eco-compteur.com/en/solutions?gclid=Cj0KCQjwwvLBRcGARIsAKnAJvcJzvT-EA_6003xOB2HFbVmZvSWiWtd3YnGBnJwJZgwiVNodIj2rMgaAlmcEALw_wcB
- [20] Espoon liikennekatsaus 2017. (2017). Espoon kaupunki, kaupunkisuunnittelukeskus. Saatavissa: <http://www.espoo.fi/download/noname/%7BD50E8542-97C2-4C38-918C-1834FE1E76A1%7D/87413>
- [21] Findley, Daniel J. (2016). Traffic Engineering Studies. Teoksessa Wolson, Brian. Pande, Anurag. Traffic Engineering Handbook. 7th Edition. John Wiley & Sons, Incorporated.
- [22] Flir. (Julkaisuvuosi ei tiedossa). FLIR thermal imaging cameras for 24/7 traffic monitoring and roadway surveillance. Saatavissa: http://2012.itsworldcongress.com/content/media/8120/flir_as_0049_en.pdf
- [23] Greene-Roesel, Ryan. Diógenes, Mara Chagas. Ragland, David R. Lindau, Luis Antonio. (2008). Effectiveness of a Commercially Available Automated Pedestrian Counting Device in Urban Environments: Comparison with Manual Counts. TRB 2008 Annual Meeting.
- [24] Griffin, Greg. Nordback, Krista. Götschi, Thomas. Kothuri, Sirisha. (2014). Monitoring Bicyclist and Pedestrian Travel and Behavior. Transportation Research Circular. Marraskuu 2014.
- [25] Hankintailmoitus 2017-014851. (2017). Hankintailmoitus: Liikennevirasto: Matka-aikatiedon hankinta. [Verkkodokumentti]. [Viitattu: 28.7.2017]. Saatavissa: <https://www.hankintailmoitukset.fi/fi/notice/view/2017-014851>
- [26] Herrera, Juan C. Work, Daniel B. Herring, Ryan. Ban, Xuegang. Jacobson, Quinn. Bayen, Alexandre M. (2009). Evaluation of traffic data obtained via GPS-enabled mobile phones: The Mobile Century field experiment. Transportation Research Part C 18 (2010) 568–583.
- [27] Hietanen, Jarno, erikoissuunnittelija, Tampereen kaupunki. Tampere. Haastattelu 22.9.2017.
- [28] Hirsjärvi, Sirkka. Remes, Pirkko. Sajavaara, Paula. (2000). Tutki ja kirjoita. Kustannusosakeyhtiö Tammi. Helsinki. ISBN: 951-26-4618-8.
- [29] Hjelkrem, Odd A. Giæver, Terje. (2009). A comparative study of bicycle detection methods and equipment. 16th ITS World Congress and Exhibition on Intelligent Transport Systems and Services, ITS America, Washington, DC.

- [30] Hyökki, Katja. (2006). Tiedon hyödyntäminen seudullisessa liikennejärjestelmäsuunnittelussa. Tiehallinto. Sisäisiä julkaisuja 35/2006.
- [31] Jensen, Tore Vind. (2016). On the way to intelligent traffic control. Technical University of Denmark. [Verkkodokumentti]. [Viitattu: 14.6.2017]. Saatavissa: <http://www.dtu.dk/english/news/2016/03/dynamo44-on-the-way-to-intelligent-traffic-control?id=14308832-0b62-4573-83c3-7dae38e52fb1>
- [32] Jyväskylän yliopisto. (2015). Menetelmäpolku. [Verkkodokumentti]. [Viitattu: 18.10.2017]. Saatavissa: <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku>
- [33] Katabira, Kyoichiro. Nakamura, Katsuyuki. Zhao, Huijing. Shibasaki, Ryosuke. (2004). A Method for counting pedestrians using a Laser Range Scanner. Asian Conference on Remote Sensing 2004. Saatavissa: <http://a-a-r-s.org/aars/proceeding/ACRS2004/Papers/LiD04-2.htm>
- [34] Kiiskilä, Kati, Liikennetieto-osaston päällikkö, Sito Oy. Sähköpostihaastattelu 18.9.2017.
- [35] Kivari, Markku. Heltimo, Juha. Pastinen, Virpi. Kiiskilä, Kati. (2014). Suositus kevennettyjen liikkumiskyselyjen laatimisesta. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 6/2014. Saatavissa: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts_2014-06_suositus_kevennettyjen_web.pdf
- [36] Knoblauch, Richard L. Pietrucha, Martin T. Nitzburg, Marsha. (1996). Field studies of pedestrian walking speed and start-up time. Transportation Research Record No. 1538, Pedestrian and Bicycle Research. 27-38.
- [37] Kujala, Rainer. Aledavood, Talayeh. Saramäki, Jari. (2016). Estimation and monitoring of city-to-city travel times using call detail records. EPJ Data Sci. (2016) 5: 6. Saatavissa: <https://link.springer.com/article/10.1140/epjds/s13688-016-0067-3#Sec13>
- [38] Kummala, Juuso. (2017). Diplomityöhön liittyvä tietopyyntö Liikenneviraston Sujuva-palvelusta. Sähköpostiviesti: 16.6.2017 ja 22.6.2017. Vastaanottaja: Marianne Keränen. Liikenneviraston Liikenteen palvelut-osaston johtajan vastaus sähköpostitiedusteluun.
- [39] KvantiMOTV. (2007). Sosiaalitutkimuksen sosiodemografiset taustamuuttujat: Tilastoluokitukset, ikä ja sukupuoli. Kvantitatiivisten tutkimusmenetelmien oppimisympäristö. Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. [Verkkodokumentti]. [Vii-

- tattu: 1.9.2017]. Saatavissa:
<http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/taustamuuttajat/tilastoluokitukset.html>
- [40] Lahden seudun liikennetutkimus 2010. (2010). Osaraportti 3: Liikennelaskennat. Saatavissa: http://www.paijat-hame.fi/wp-content/uploads/2015/10/2010_11_liikennetutkimus_Lahti_Liikennelaskenta_3osaraportti.pdf
- [41] Lahtinen, Terhi, projektipäällikkö, WSP Oy. Tampere. Haastattelu 22.9.2017.
- [42] Leber, Jessica. (2014). One Company Is Trying To Count And Track All Of New York City's Pedestrians. Fast Company 02.12.2014. [Verkkodokumentti]. [Viitattu: 17.8.2017]. Saatavissa: <https://www.fastcompany.com/3025926/one-company-is-trying-to-count-and-track-all-of-new-york-citys-pedestrians>
- [43] Liimatainen, Heikki. (2016a). Liikennelaskennat ja havainnointitutkimukset. Liikennetutkimukset ja -mallit -luento 29.1.2016 Tampereen teknillisessä yliopistolla.
- [44] Liikenne- ja viestintäministeriö. (2011). Kävelyn ja pyöräilyn valtakunnallinen strategia 2020. Ohjelmia ja strategioita. Saatavissa: https://www.lvm.fi/documents/20181/814192/Ohjelmia+ja+strategioita+4-2011_K+ja+py+strategia+2020/1598cf68-2d3d-478e-8221-4185215c3f27?version=1.0
- [45] Liikenne- ja viestintäministeriö. (2017). Maakuntauudistus ja liikenteen tehtävät. Faktalehti 21/2017. Saatavissa: <https://www.lvm.fi/documents/20181/937315/21-2017+Maakuntauudistus+ja+liikenne.pdf/d29bf0c5-a266-4f3d-a8d7-ebdd4cd06e00>
- [46] Liikenneturva. (2013). Jalan ja pyörällä. Saatavissa: http://www.liikenneturva.fi/sites/default/files/materiaalit/Liikenteessa/jalanjapyoralla_opas.pdf
- [47] Liikennevirasto. (Ei julkaisuvuotta). Henkilöliikennetutkimus 2016. [Verkkodokumentti]. [Viitattu: 20.7.2017]. Saatavissa: <http://www.liikennevirasto.fi/tilastot/henkiloliikennetutkimus/henkiloliikennetutkimus-2016#.WXCKUq9f272>
- [48] Liikennevirasto. (2012). Henkilöliikennetutkimus 2010-2011. Saatavissa: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lr_2012_henkiloliikennetutkimus_web.pdf

- [49] Liikennevirasto. (2014). Jalankulku- ja pyöräilyväylien suunnittelu. Liikenneviraston ohjeita 11/2014. Saatavissa: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2014-11_jalankulku_pyorailyvaylien_web.pdf
- [50] Liikennevirasto. (2017). Liikkuminen palveluna. [Verkkodokumentti]. [Viitattu: 9.10.2017]. Saatavissa: <http://www.liikennevirasto.fi/liikennejarjestelma/maas#.WdsWFq9f1oI>
- [51] Lindholm, Sakari. Tuomainen, Ari. Gruzdaitis, Leena. Pohjalainen, Essi. (2014). Pyöräilyn ja kävelyn laskennat: suunnitelma valtakunnallisesta tietojen keruusta. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 1/2014. Saatavissa: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts_2014-01_pyorailyn_kavelyn_web.pdf
- [52] Lindsey, Greg. Hankey, Steve. Wang, Xize. Chen, Junzhou. Gorjestani, Alec. (2013). Feasibility of Using GPS to Track Bicycle Lane Positioning. Intelligent Transportation Systems Institute, Center for Transportation Studies, University of Minnesota. Saatavissa: <https://conservancy.umn.edu/handle/11299/148996>
- [53] Lowry, Michael. McGrath, Ryan. Scruggs, Phillip. Paul, David. (2016). Practitioner survey and measurement error in manual bicycle and pedestrian count programs. International Journal of Sustainable Transportation. Volume 10, Issue 8. 5.1.2016.
- [54] Luukkonen, Terhi. (2011). Pyöräilyn ja kävelyn laskennat - ohjeita käytännön työhön. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 50/2011.
- [55] Maijala, Hanna-Mari. (2011). Pyöräilyn olosuhteet Suomen kunnissa -selvitys. Liikunnan ja kansanterveyden edistämissäätiö LIKES. Liikunnan ja kansanterveyden julkaisuja 243. Saatavissa: https://www.kkiohjelma.fi/filebank/1302-pyorailyselvitys_netti.pdf
- [56] Malinovskiy, Yegor. Saunier, Nicolas. Wang, Yinhai. (2012). Analysis of Pedestrian Travel with Static Bluetooth Sensors. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. Volume 2299. 150-156. Saatavissa: https://www.researchgate.net/publication/234004907_Pedestrian_Travel_Analysis_Using_Static_Bluetooth_Sensors
- [57] Mantoro, Teddy. Ayu, Media A. Borovac, Amir. (2011). GPS Based Tracking Framework for Walking Pedestrian. International Conference, ICIEIS 2011. Kuala Lumpur, Malesia, Marraskuu 2011.

- [58] Nordback, Krista. Piatkowski, Daniel. Janson, Bruce. Main, Deborah S. (2011). Using inductive loops to count bicycles in mixed traffic. Journal of Transportation of the Institute of Transportation Engineers. Volume 2, issue 1. Saatavissa: https://www.researchgate.net/publication/285851002_Using_inductive_loops_to_count_bicycles_in_mixed_traffic
- [59] Oksanen, Juha. Suvanto, Susanne. Eränen, David. (2013). Project SUPRA: Looking for routes from massive workout data. Workshop on Analysis & Visualization of MOVEment, Hampuri, 4-5.3.2013. Saatavissa: http://carde.fgi.fi/supra/docs/Oksanen_Suvanto_Eranen_MOVE_2013.pdf
- [60] Paalijärvi, Janne. (2013). Yksityisyydensuoja paikkatietoja hyödyntävissä palveluissa. Kandidaatintyö. Aalto-yliopisto. Perustieteiden yliopisto. Tietotekniikan koulutusohjelma. Saatavissa: http://paalijarvi.fi/b/SCI_2013_Paalijarvi_Janne.pdf
- [61] Pastinen, Virpi. Keskiikonen, Hannes. Vallenius, Joni. Kivari, Markku. Lehto, Hannu. (2017). Paikannusmenetelmät osana henkilöliikennetutkimusta. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 18/2017. Saatavissa: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts_2017-18_paikannusmenetelmat_osana_web.pdf
- [62] PBOT. 2015. Every Bike Counts. 24-hour bike count, May 14-15, 2015. SE Ankeny & 28th Ave. Portland Bureau of Transportation. Saatavissa: <https://www.portlandoregon.gov/TRANSPORTATION/article/531215>
- [63] Pels, M. Barhorst, J. Michels, M. Hobo, R. Barendse, J. (2005). Tracking people using Bluetooth: Implications of enabling Bluetooth discovery mode. Saatavissa: https://www.researchgate.net/publication/248143184_Tracking_people_using_bluetooth_Implications_of_enabling_bluetooth_discoverable_mode
- [64] Placemeter. (2017). Support your Smart City projects. [Verkkodokumentti]. [Vii-tattu: 17.8.2017]. Saatavissa: <https://www.placemeter.com/solutions/smart-cities>
- [65] Proulx, Frank R. Schneider, Robert J. Miranda-Moreno, Luis F. (2016). Performance Evaluation and Correction Functions for Automated Pedestrian and Bicycle Counting Technologies. J. Transp. Eng., 2016, 142(3).
- [66] Rantala, Tuuli. Luukkonen Terhi. (2014). Kävelyn ja pyöräilyn seuranta. Ohjeita mittariston kokoamiseen. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 15/2014. Saatavissa: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts_2014-15_kavelyn_pyorailyn_web.pdf

- [67] Ride Report. (Julkaisuvuosi ei tiedossa). Ride Report. Saatavissa: <https://static.ride.report/static/promosite/assets/whitepaper.ef1622d2516d.pdf>
- [68] Rogalski, A. Chrzanowski, K. (2014). Infrared devices and techniques (revision). *Metrol. Meas. Syst.*, Vol. XXI (2014), No. 4, pp. 565–618. Saatavissa: <https://www.degruyter.com/downloadpdf/j/mms.2014.21.issue-4/mms-2014-0057/mms-2014-0057.pdf>
- [69] Rovaniemen kaupunki. (2016). Omin voimin liikkeelle! Rovaniemen kävelyn ja pyöräilyn kehittämisohjelma 2030. Saatavissa: <https://www.rovaniemi.fi/loader.aspx?id=cc06b082-3bf6-4aa1-b15c-4f30ad5fcd6a>
- [70] Rovaniemen liikennetutkimus 2012. (2013). Rovaniemen liikennetutkimus 2012. Yhteenvetoraportti. Ramboll Finland Oy. Saatavissa: <http://www.rovaniemi.fi/loader.aspx?id=0ead85d6-e612-4535-8cd8-a7971a774a27>
- [71] Ruuvi Innovations. (Julkaisuvuosi ei tiedossa). RuuviTag+. [Verkkodokumentti]. [Viitattu: 30.8.2017]. Saatavissa: <https://shop.ruuvi.com/product/ruuvitag/>
- [72] Ryus, Paul. Ferguson, Erin. Laustsen, Kelly M. Schneider, Robert J. Proulx, Frank R. Hull, Tony. Miranda-Moreno, Luis. (2014). Methods and Technologies for Pedestrian and Bicycle Volume Data Collection. National Cooperative Highway Research Program, Web Document 205.
- [73] Saaranen-Kauppinen, Anita. Puusniekka, Anna. (2006). KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu: 19.10.2017]. Saatavissa: <http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/>.
- [74] Saastamoinen, Kimmo. Kärki, Jutta-Leea. Lahtisalmi, Hanna-Kaisa. (2005). Kevyen liikenteen määrien laskentajärjestelmän kehittäminen. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 35/2005. Saatavissa: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/78647/Julkaisuja_35_2005.pdf?sequence=1
- [75] Shlayan, Neveen. Kurkcu, Abdullah. Ozbay, Kaan. (2016). Exploring Pedestrian Bluetooth and WiFi Detection at Public Transportation Terminals. 2016 IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC). November 1-4, 2016.
- [76] Schneider, Robert. Patton, Robert. Toole, Jennifer. Raborn, Craig. (2005). Pedestrian and Bicycle Data Collection in United States Communities. U.S. Depart-

ment of Transportation. Federal Highway Administration. Saatavissa:
http://www.pedbikeinfo.org/pdf/PlanDesign_Tools_FHWACaseStudies.pdf

- [77] Seimelä, Katja, liikenneinsinööri, Tampereen kaupunki, Tampere. Haastattelu 22.9.2017.
- [78] Seimelä, Timo, liikenneinsinööri, Tampereen kaupunki, Tampere. Haastattelu 22.9.2017.
- [79] Sinisammal, Janne. (2011). Työhyvinvoinnin ja työympäristön kokonaisvaltaisen kehittäminen – tuloksia osallistuvista tutkimus- ja kehittämisprojekteista sekä asiantuntijahaastatteluista. Väitöskirja. Oulun yliopisto. Saatavissa:
<http://jultika.oulu.fi/files/isbn9789514297076.pdf>
- [80] Somasundaram, G., V. Morellas, and N. P. Papanikolopoulos. (2010). Practical Methods for Analyzing Pedestrian and Bicycle Use of a Transportation Facility. Minnesota Department of Transportation, St.Paul.
- [81] Somasundaram, G., V. Morellas, and N. Papanikolopoulos. (2012). Deployment of Practical Methods for Counting Bicycle and Pedestrian Use of a Transportation Facility. Report CTS 12-01. University of Minnesota Center for Transportation Studies, Minneapolis.
- [82] Stange, Hendrik. Liebig, Thomas. Hecker, Dick. Andrienko, Gennady. Andrienko, Natalia. (2011). Analytical Workflow of Monitoring Human Mobility in Big Event Settings using Bluetooth. Proceeding ISA '11 Proceedings of the 3rd ACM SIGSPATIAL International Workshop on Indoor Spatial Awareness. 51-58. Saatavissa: http://www-ai.cs.uni-dortmund.de/PublicPublicationFiles/stange_etal_2011a.pdf
- [83] Tanaka, Masahiro. (2010). Development of traffic counters by laser range scanners. Proceedings of SICE Annual Conference 2010. 18-21.8.2010. Saatavissa:
<http://ieeexplore.ieee.org/document/5602879/>
- [84] Tieliikennelaki. 3.4.1981/267. Saatavissa:
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1981/19810267?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=tieliikennelaki>
- [85] Tietoyhteiskuntakaarilaki 7.11.2014/917. Annettu Helsingissä 7.11.2014. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140917>
- [86] Trafino. (2017). Trafion edustaja Walter Virta. Henkilökohtainen tiedonanto, puhelinkeskustelu. 8.8.2017.

- [87] Turner, Shawn. Lasley, Philip. (2013). Quality Counts for Pedestrians and Bicyclists: Quality Assurance Procedures for Non-Motorized Traffic Count Data. 92nd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C. Saatavissa: <http://docs.trb.org/prp/13-2552.pdf>
- [88] Vaarala, Reijo, suunnittelupäällikkö, Ramboll Finland Oy, Oulu. Haastattelu 11.9.2017.
- [89] Vaismaa, Kalle, Advisory Services -yksikön päällikkö, WSP Oy, Tampere. Haastattelu 22.9.2017.
- [90] Vaismaa, Kalle. Mäntynen, Jorma. Metsäpuro, Pasi. Luukkonen, Terhi. Rantala, Tuuli. Karhula, Kaisa. (2011). Parhaat eurooppalaiset käytännöt pyöräilyn ja kävelyn edistämiseksi. Tampereen teknillinen yliopisto. Liikenteen tutkimuskeskus Verne.
- [91] Viattraffic. (2016). Viacount II. [Tuote-esite]. Saatavissa: https://www.viattraffic.de/fileadmin/viattraffic-content/downloads/katalog2016/en/viattraffic_2016_GB_viacountII.pdf
- [92] Viinikainen & Rekola. (2017). Viinikainen, Tytti, kestävän liikkumisen asiantuntija, Liikennevirasto. Rekola, Maija, kestävän liikkumisen asiantuntija, Liikennevirasto. Sähköpostihaastattelu 8.9.2017.
- [93] Vitikka, Harri. Mähönen, Nina. Saastamoinen, Kimmo. (2003). Kevyen liikenteen laskentojen kehittäminen. Esiselvitys. Liikenne- ja viestintäministeriön mietintöjä ja muistioita B 30/2003.
- [94] Waadt, Andreas. Bruck, Guido H. Jung, Peter. (2010). Positioning Systems and Technologies. Teoksessa Frattasi, Simone. Mobile Positioning and Tracking. John Wiley & Sons.
- [95] Ward, Jeanette. Fowler, Megan. (2009). Continuous cycle counting trial. NZ Transport Agency. Saatavissa: <https://www.nzta.govt.nz/assets/resources/continuous-cycle-counting-trial/docs/continuous-cycle-counting-trial.pdf>
- [96] Yamamoto, Akira. Kobayashi, Hiroshi. Uesaka, Katsumi. (2012). A Study of Bicycle Travel Speed. National Institute for Land and Infrastructure Management. Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism. Saatavissa: <http://www.nilim.go.jp/english/annual/annual2012/39.pdf>
- [97] Yang, Hong. Ozbay, Kaan. Batin, Bekir. (2010). Investigating the performance of automatic counting sensors for pedestrian traffic data collection. 12th WCTR,

11-15.7.2010. Saatavissa: <http://www.wctrs.leeds.ac.uk/wp/wp-content/uploads/abstracts/lisbon/general/02147.pdf>

- [98] Ympäristöministeriö. (2013). Euroopan unionin ilmastopolitiikka. [Verkko-dokumentti]. [Viitattu: 15.10.2017]. [Saatavissa: http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Ilmasto_ja_ilma/Ilmastonmuutoksen_hillitseminen/Euroopan_unioidin_ilmastopolitiikka].
- [99] Yoshida, Junko. 2003. Danish zoo to deploy Bluetooth tracking system. EE Times. [Verkkoartikkeli]. [Viitattu: 7.6.2017]. Saatavissa: http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1226517
- [100] Zhu, Xiaojun. Li, Qun. Chen, Guihai. (2013). APT: Accurate outdoor pedestrian tracking with smartphones. INFOCOM, 2013 Proceedings IEEE. 14-19 Huhtikuu 2013. Saatavissa: http://www.cs.wm.edu/~liqun/paper/infocom13_1.pdf

LIITE A: HAASTATTELUKUTSU ASiantuntijahaastatteluihin

Diplomityöhön liittyvä haastattelukutsu

7.9.2017

Opiskelen Tampereen teknillisellä yliopistolla rakennustekniikan diplomi-insinööriksi pääaineenani liikenne- ja kuljetustekniikka. Olen tekemässä diplomityötä, jonka tarkoituksena on selvittää millaisella tiedonkeruujärjestelmällä jalankulku- ja pyöräliikennetietoa voidaan kerätä mahdollisimman reaaliaikaisesti.

Kohdekaupunkini on pohjoissuomalainen kaupunki, jossa ensimmäiset jalankulku- ja pyöräliikenteeseen liittyvät tutkimukset tehtiin liikennetutkimuksen yhteydessä vuonna 2012. Tämän jälkeen kävelyn ja pyöräilyn määriä on seurattu kahden vuoden välein käsin tehdyillä otoslaskennoilla keskustaan johtavilla tärkeimmillä väylillä. Kaupungin edustajat haluaisivat parantaa ymmärrystään keskusta-alueella ja erityisesti ydinkeskustassa tapahtuvasta jalankulku- ja pyöräliikenteestä.

Toivoisin, että voisit osallistua diplomityöni tekemiseen ja antaa osaltasi tietoa tästä aiheesta oman asiantuntemuksesi kautta. Kysymyksiin voi vastata joko sähköpostitse tai voimme sopia puhelinhaastatteluaikaa. Lähetän mielelläni työni sinulle tutustuttavaksi sen valmistuttua vuoden loppupuolella.

Kiitän etukäteen mielenkiinnostanne.

Ystävällisin terveisin,
Marianne Keränen
puh: 0405411739
s-posti: marianne.keranen@student.tut.fi

Kysymykset on esitetty seuraavalla sivulla.

KYSYMYKSET:

1) Haastateltavan taustat

- a) Kuvaile lyhyesti taustasi liikenteen alalla työskentelystä sekä nykyinen roolisi organisaatiossasi.
- b) Mikä on kokemuksesi jalankulun ja pyöräilyn liikennetiedonkeruutyöstä?

2) Kävelyyn ja pyöräilyyn liittyvät tietotarpeet

- a) Mitkä ovat mielestäsi merkittävimmät tekijät, jotka selittävät kävelyä ja pyöräilyä sekä niihin liittyviä valintoja?
- b) Millaisissa tilanteissa hyödynnät työssäsi/roolissasi jalankulku- ja pyöräliikenteestä kerättyä liikennetietoa?
- c) Oletko kohdannut tilanteita, ongelmia tai kysymyksiä joihin nykyisillä tiedonkeruumenetelmillä ei kyetä vastaamaan? Jos kyllä, mitä?

3) Tunnusluvut ja tiedonkeruumenetelmät

- a) Mitkä ovat mielestäsi tärkeimmät tunnusluvut, joita keskusta-alueen kävelyä ja pyöräilyä kehittäessä tulisi mitata?
- b) Minkälaisia kaupunkien liikenteeseen vaikuttavia uusia liikennepalveluja näet tulevaisuudessa? Minkälaisia näiden palveluiden tietotarpeet voisivat olla?
- c) Mitkä ovat mielestäsi kiinnostavimmat ja potentiaalisimmat uudet jalankulku- ja pyöräliikenteen tiedonkeruun menetelmät?
- d) Jos liikennetiedon keruuseen ei liittyisi mitään teknisiä, ajallisia tai taloudellisia rajoituksia, minkälainen olisi mielestäsi ideaali tiedonkeruujärjestelmä ja millaista tietoa se tuottaisi?

4) Sidosryhmät

- a) Ketkä ovat mielestäsi liikennetiedon kannalta kaupunkien tärkeimmät sidosryhmät?
- b) Millaisessa muodossa ja miten kerätty tieto liikenteestä on kokemuksenne mukaan tehokkainta jakaa sidosryhmille?

LIITE B: KUNNILLE SUUNNATUN KYSELYN VASTAAJAT JA KYSYMYKSET

Haastatteluun osallistui edustajia seuraavista kunnista:

- Helsinki
- Tampere
- Vantaa
- Oulu
- Turku
- Jyväskylä
- Lahti
- Kuopio
- Kouvola
- Pori
- Joensuu
- Lappeenranta
- Hämeenlinna
- Vaasa
- Seinäjoki
- Mikkeli
- Kotka
- Salo

Edustajille esitettiin seuraavat kysymykset:

1. Keräättekö kaupungissanne jalankulku- ja pyöräliikennetietoa?
2. Millä menetelmillä kyseistä tietoa kerätään?
3. Kuinka usein kullakin menetelmällä suoritettava tiedonkeruu tapahtuu (jatkuvas-
ti, vuosittain, kahden vuoden välein, tarvittaessa, jne.)?
4. Miten julkaisette tiedonkeruun tulokset sidosryhmille (esim. asukkaille)?

LIITE C: JALANKULKU- JA PYÖRÄLIIKENTEEEN LASKENTAOHJELMAT SUOMEN 20 SUURIMMASSA KUNNASSA

Kysely suoritettiin sähköpostikyselynä Suomen asukasluvultaan kahdellekymmenelle suurimmalle kunnalle, pois lukien diplomityön case-kunta Rovaniemi. Solut, joita on taulukossa kuvattu merkinnällä ”-”, viittaavat siihen, ettei kyseisen kunnan edustajia tavoitettu kyselyyn.

Kaupunki	Käsinlaskennat		Koneelliset laskennat		Viestintä
	JK	PP	JK	PP	
Helsinki	Uusimmat systemaattiset laskennat vuodelta 2016. Yksittäisiä käsinlaskentoja tehdään vuosittain pyörälaskentojen yhteydessä.	Vuosittain kesäkuussa.	8 infrapunalaskinta (5 jatkuva, 3 otoslaskinta)	19 induktiosilmukkaa (jatkuva ja otoslaskimia)	Laskurien avoin data netissä; pyöräliikenteen laskennat -muistio (vuosittainen); Liikenteen kehitys Helsingissä -julkaisu (vuosittainen).
Espoo	-	-	-	-	-
Tampere	Vuosittain kesällä.	Vuosittain kesällä.	6 infrapunalaskinta (jatkuva)	14 induktiosilmukkaa (jatkuva) + liikennevalosilmukoita	
Vantaa	Tarvittaessa	Tarvittaessa	Ei tehdä	15 induktiosilmukkaa (4 jatkuva, 11 otoslaskinta)	Vantaa Liikenne -julkaisu (vuosittainen); muiden selvitystöiden raportit
Oulu	Joka toinen vuosi keskustan kehällä. Tarkoitus siirtyä käsinlaskennasta koneelliseen laskentaan.	Joka toinen vuosi keskustan kehällä. Tarkoitus siirtyä käsinlaskennasta koneelliseen laskentaan.	2 infrapunalaskinta, kaupungin (jatkuva) + 5 infrapunalaskinta, POP ELY:n (jatkuva)	2 induktiosilmukkaa kaupungin (jatkuva) + 5 induktiosilmukkaa POP ELY:n (jatkuva) + liikennevaloilmakkeita	Laskurien tulokset kartalla netissä
Turku	-	-	-	-	-
Jyväskylä	Konelaskimen tarkastuslaskennat kerran vuodessa. Täydennyslaskentoja kolmessa keskustaan suuntautuvan liikenteen	Konelaskimen tarkastuslaskennat kerran vuodessa. Täydennyslaskentoja kolmessa keskustaan suuntautuvan liikenteen	4 infrapunalaskinta (jatkuva)	5 induktiosilmukkaa (jatkuva), kaupungilla + 1 induktiosilmukka, ELY:llä (jatkuva)	Datan jakelusta tai julkaisusta ei ole vielä muodostunut vakiintunutta käytäntöä ja niitä on jaettu lähinnä pyynn-

	kannalta merkittävässä pisteessä syksyisin neljän tunnin otantana. Muuten tarvittaessa.	kannalta merkittävässä pisteessä syksyisin neljän tunnin otantana. Muuten tarvittaessa.			nöstä. Raakadatan jakelusta on jossain yhteydessä keskusteltu mutta sen kysyntä ei ole toistaiseksi tarpeeksi selvää.
Lahti	Muiden tutkimusten yhteydessä tarvittaessa.	Muiden tutkimusten yhteydessä tarvittaessa.	3 infrapunalaskinta (jatkuva). Pääsy konenäöllä toimivan videolaskimen tuloksiin selaimen kautta	6 induktiosilmuka (jatkuva). Silmukoista 1 on pyöräbrometri. Pääsy konenäöllä toimivan videolaskimen tuloksiin selaimen kautta	
Kuopio	Aiemmin lähes vuosittain, tuoreimmat laskennat vuodelta 2014.	Aiemmin lähes vuosittain, tuoreimmat laskennat vuodelta 2014.	Ei tehdä. Selvitetään koneellisen laskennan mahdollisuuksia.	Ei tehdä. Selvitetään koneellisen laskennan mahdollisuuksia.	
Kouvola	Ei systemaattisia laskentoja	Ei systemaattisia laskentoja	Ei systemaattisia laskentoja	Ei systemaattisia laskentoja	
Pori	Joka toinen vuosi 11 pisteessä	Joka toinen vuosi 11 pisteessä	3 infrapunalaskinta (jatkuva)	3 induktiosilmukkaa (jatkuva)	Tuloksia julkaistu muutaman kerran kaupungin nettisivuilla, viimeksi v. 2013
Joensuu	Vuosittain keväällä, tarvittaessa muulloinkin. Kokonaiskuvaa mm. keskustan ja lähiympäristön välisten liikennevirtojen kehityksestä	Vuosittain keväällä, tarvittaessa muulloinkin	6 infrapunalaskinta (4 jatkuva, 2 otos)	6 induktiosilmukkaa (4 jatkuva, 2 otos)	Laskurien tulokset kartalla netissä.
Lappeenranta	Ei systemaattista	Ei systemaattista	Ei tehdä	5 induktiosilmukkaa (asennettu kesällä 2017)	
Hämeenlinna	Vain harvoin	Vain harvoin	Laskentatoteemi hankinnassa.	5 liikennevalojen yhteydessä olevaa silmukkaa (jatkuva). Laskentatoteemi hankinnassa.	Ei erikseen julkaista
Vaasa	Tarvittaessa. Aletaan tehdä vuosittain.	Tarvittaessa. Aletaan tehdä vuosittain.	2 infrapunalaskinta (jatkuva). Harkinnassa lisälaskinten hankinta lähivuosina	2 induktiosilmukkaa (jatkuva). Harkinnassa lisälaskinten hankinta lähivuosina	Ei erikseen julkaista. Harkitaan julkaisua esim. kaupungin nettisivuilla

Seinäjoki	Vain harvoin	Vain harvoin	Ei tehdä.	Ei tehdä.	
Mikkeli	Tarvittaessa ajoneuvolaskento- jen yhteydessä	Tarvittaessa ajoneuvolaskento- jen yhteydessä	Edelliset v. 2014, mik- roaaltolaskin ja video- kuvaus, otoslaskenta 24h kolmesti kesällä	Edelliset v. 2014, mikroaal- tolaskin ja videokuvaus, otoslaskenta 24h kolmesti kesällä	
Kotka	Tuorein laskenta vuodelta 2011	Tuorein laskenta vuodelta 2011	Ei tehdä	Ei tehdä	
Salo	Tarvittaessa ajoneuvolaskento- jen yhteydessä keskusta-alueella	Tarvittaessa ajoneuvolaskento- jen yhteydessä keskusta-alueella	Automaattilaskurin hankinta harkinnassa	Automaattilaskurin hankinta harkinnassa	

LIITE D: ROVANIEMEN HAASTATTELUN HAASTATTELURUNKO

Diplomityöhön liittyvä haastattelurunko

31.7.2017

Työssäni keskityn jalankulku- ja pyöräliikenteen tiedonkeruun tutkimiseen. Toivoisin, että vastaisit kysymyksiin pitäen mielessä tämän painotuksen, vaikka mielipiteet koskien myös moottoriajoneuvo- ja joukkoliikennettä ovat erittäin tervetulleita.

KYSYMYKSET:

NYKYINEN TIEDONKERUUJÄRJESTELMÄ

Nykyisen tiedonkeruujärjestelmän haasteet ja edut

1. Miten tehokkaaksi koet nykyisen tiedonkeruujärjestelmän? (Esimerkiksi kustannuksien, ajan, kerätyn tiedon laadun, ym. suhteen)
2. Millaisissa tilanteissa liikennetietoa hyödynnetään? Millaisiin ongelmiin ja kysymyksiin nykyisellään saatavilla olevilla tiedoilla ei ole pystytty vastaamaan?
3. Liittyykö nykyiseen tiedonkeruujärjestelmään edellisten lisäksi jotain erityisiä ongelmia? Jos kyllä, mitä?
4. Mitä hyviä kokemuksia nykyisestä tiedonkeruujärjestelmästä on? Mitkä asiat koet sellaisiksi, jotka nykyisestä tiedonkeruujärjestelmästä olisi hyvä säilyttää?

Tiedon varastointi ja esittäminen (nykytila)

5. Miten ja mihin liikennetietoa varastoidaan?
6. Ketkä ovat tärkeimmät sidosryhmät ja miten kerätty tieto liikenteestä on nykyisin saatavilla sidosryhmille? (sidosryhmiä voivat olla esim. asukkaat, päätöksentekijät, asiantuntijat, yhteistyöorganisaatiot, ym.)

UUDEN TIEDONKERUUJÄRJESTELMÄN KEHITTÄMINEN

7. Mistä tarve tiedonkeruujärjestelmän kehittämiseksi on lähtenyt? Mitkä ovat tiedonkeruuseen liittyvät lyhyen ja pitkän aikavälin tavoitteet?
8. Jos liikennetiedon keruuseen ei liittyisi mitään teknisiä, ajallisia tai taloudellisia rajoituksia, minkälainen olisi mielestäsi ideaali tiedonkeruujärjestelmä ja millaista tietoa se tuottaisi?
9. Minkälaisia uusia liikennepalveluja näet tulevaisuudessa, joiden toteuttamiseen liittyy uudenlaisen liikennetiedon keruu? Minkälaisia ovat näiden palveluiden tietotarpeet?

Kysymykset on esitetty seuraavalla sivulla.

Tunnusluvut ja mittarit

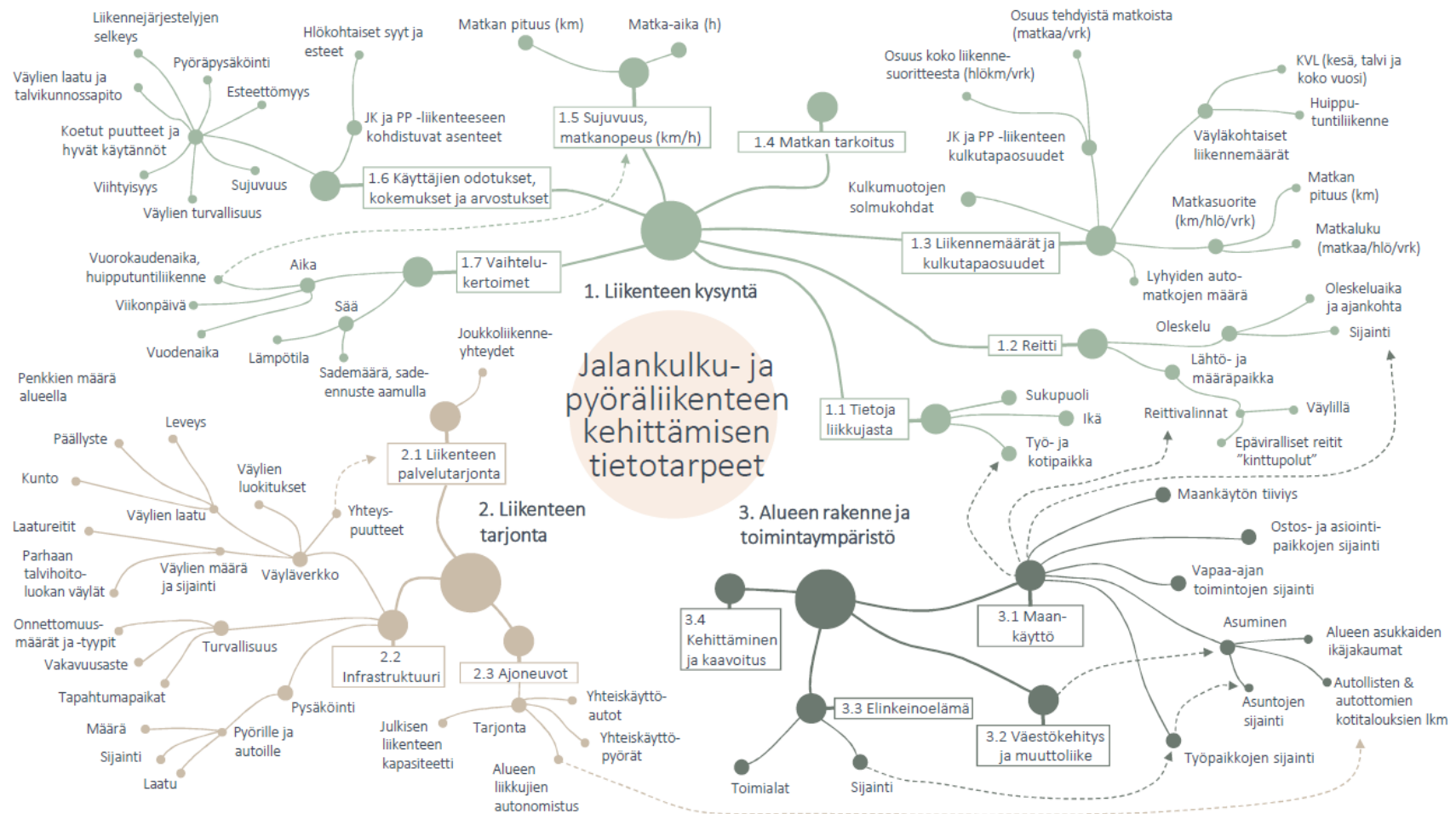
10. Mitkä ovat mielestäsi ne tunnusluvut, joita Rovaniemellä olisi aiheellista mitata?
11. Puuttuuko esitetystä listasta mielestäsi tärkeitä tunnuslukuja kävelyn ja pyöräilyn mittaamiseen? Jos kyllä, mitä?

Liikennelaskennat

Osaa yllä esitetystä tunnusluvuista voidaan tutkia liikennelaskentojen avulla. Työssäni keskityn erityisesti kävelyn ja pyöräilyn liikennelaskentajärjestelmän kehittämiseen. Tässä osiossa haluaisin tietää enemmän liikennelaskentojen kehittämistä koskevista toiveista.

12. Kuinka usein liikennelaskentatietoa halutaan kerätä? (esimerkiksi reaaliaikaisesti, kerran tunnissa, kerran vuorokaudessa, viikoittain, kuukausittain, jne.)
13. Millainen on tiedonkeruun toivottu aluerajaus maantieteellisesti? Eli mistä liikennelaskentatietoa olisi mielestäsi tarpeellista kerätä?
14. Toistaiseksi esimerkiksi reaaliaikaista tietoa tuottaessa tieto on lähes poikkeuksetta tarkastamatonta ja korjaamatonta raakadataa. Millaisessa muodossa näet, että liikennelaskentatieto olisi itsellesi ja organisaatioillesi hyödyllisintä? (esimerkiksi raakadata, tarkastettu data, tarkastettu ja korjattu data, visuaalisesti esitetty tieto, kirjallinen raportti jne.)
15. Mihin ja miten tietoa halutaan varastoida?
16. Mille sidosryhmille liikennetietoja halutaan raportoida? Mitä tietoa kullekin sidosryhmälle halutaan erityisesti esittää?
17. Miten tietoa halutaan jakaa sidosryhmille? (esim. painettu julkaisu, internet-julkaisu, lehtijulkaisu, yms.)

LIITE E: JALANKULKU- JA PYÖRÄLIIKENTELLE ESITETTY TUNNUSLUKUJOUKKO

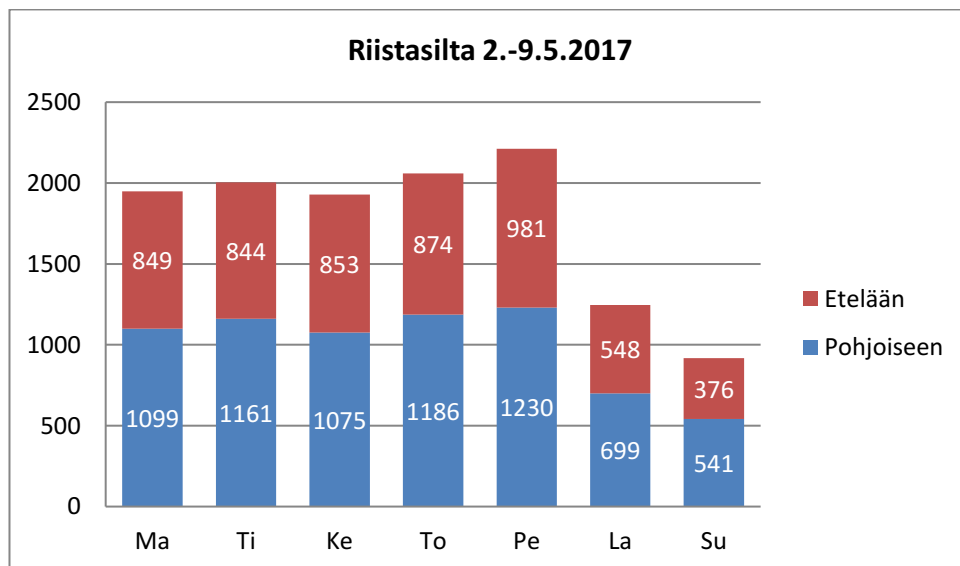


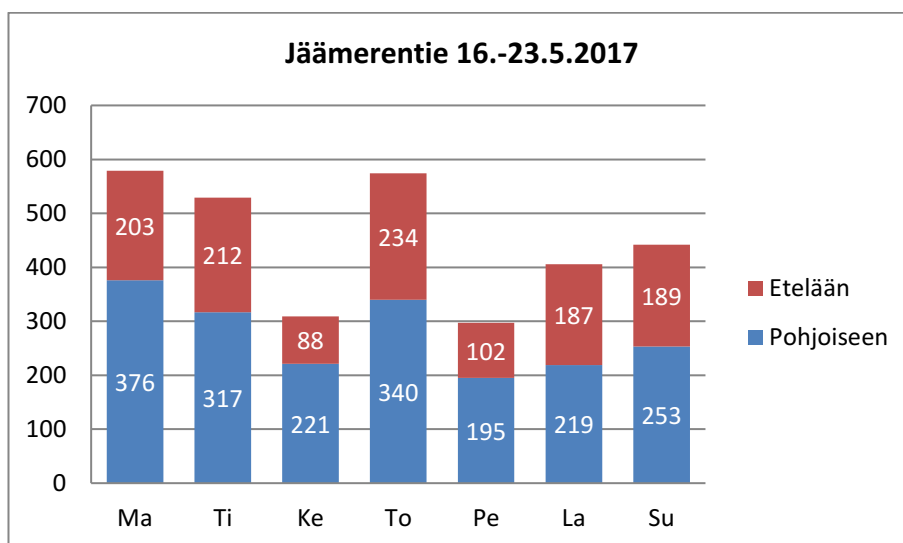
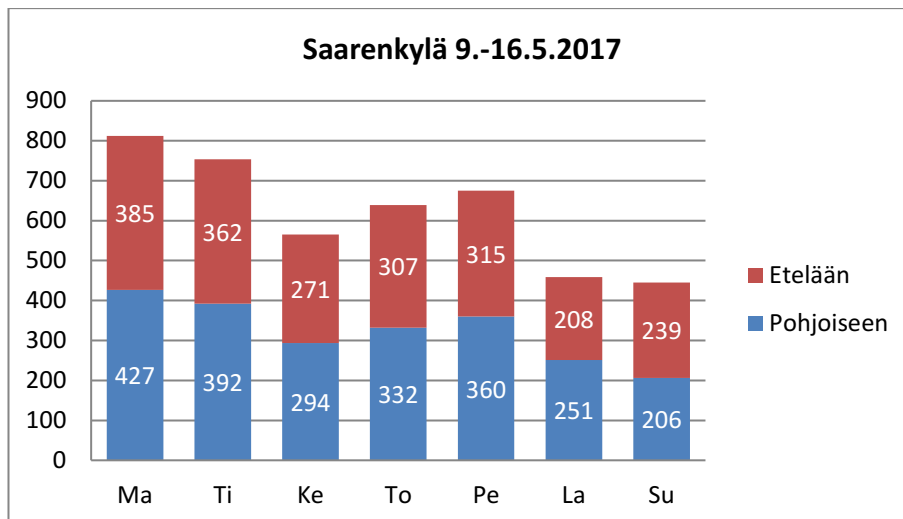
LIITE F: KONEELLISEN JALANKULKU- JA PYÖRÄLIIKENTEEEN LASKENTOJEN PISTEET JA TULOKSET

Alla on esitetty vuoden 2017 toukokuussa suoritettujen koneellisten liikennelaskentojen laskentapistet sekä laskentatulokset kussakin pisteessä.

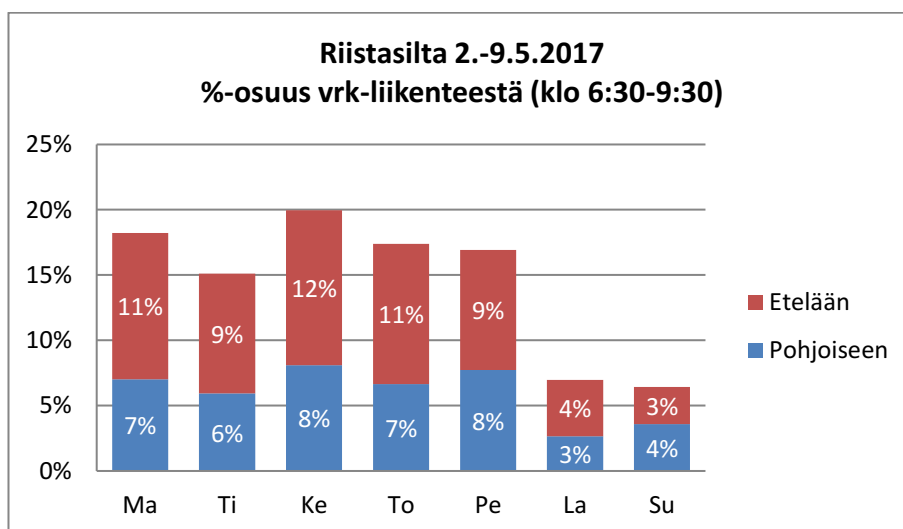


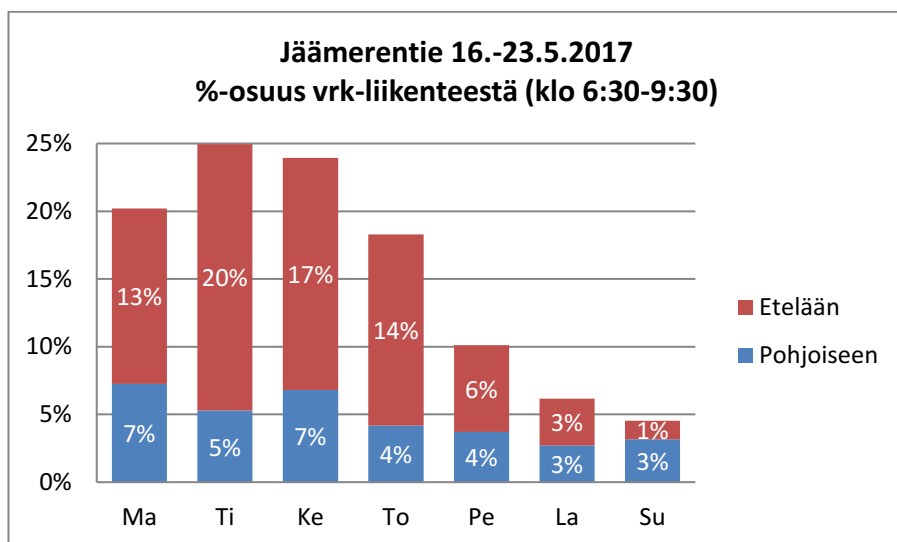
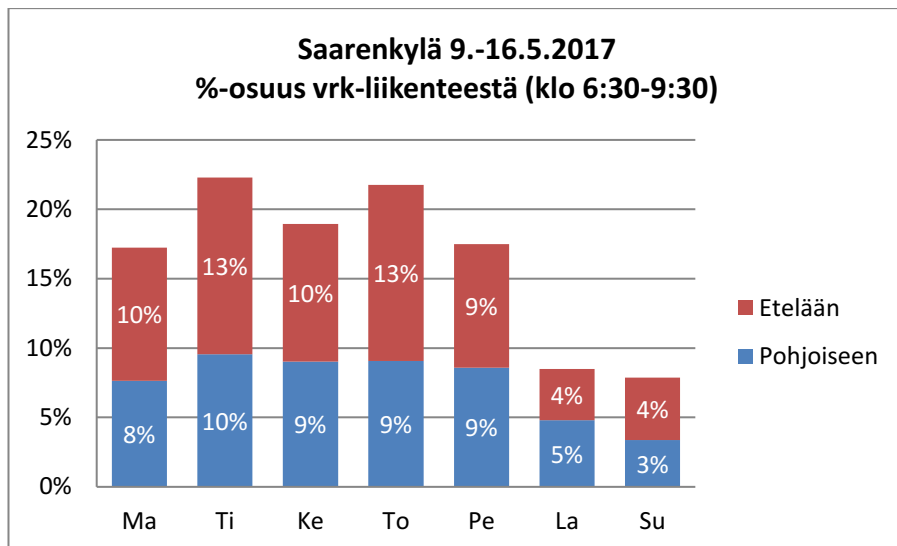
Kokonaisliikennemäärät laskentapisteissä:



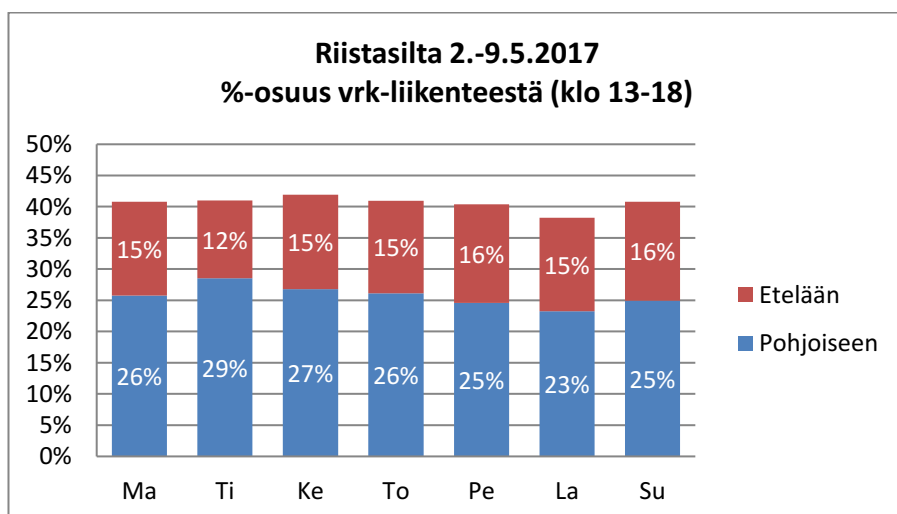


Aamuliikenteen (6:30-9:30) osuus vuorokausiliikenteestä:

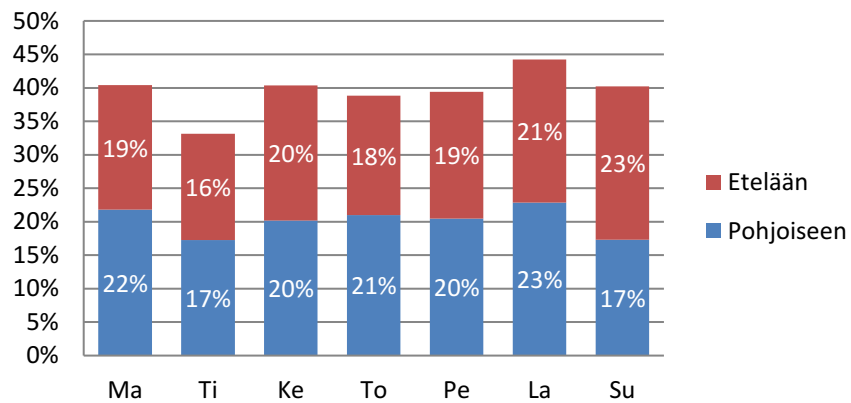




Iltapäiväliikenteen (13-18) osuus vuorokausiliikenteestä:



Saarenkylä 9.-16.5.2017
%-osuus vrk-liikenteestä (klo 13-18)



Jäämerentie 16.-23.5.2017
%-osuus vrk-liikenteestä (klo 13-18)

